



TUGAS AKHIR – TF145565

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
PRESSURE PADA ALAT PENCAMPUR GAS
SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF PADA SISTEM
PRODUKSI HIDROGEN DENGAN METODE
ELEKTROLISIS AIR**

**Santiko Luhur Andana
NRP. 2413031030**

**Dosen Pembimbing
Ir. Roekmono, M.T.
NIP. 19580908 198601 1 001**

**PROGRAM STUDI D3 METROLOGI DAN INSTRUMENTASI
JURUSAN TEKNIK FISIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016**



FINAL PROJECT – TF145565

***THE DESIGN OF PRESSURE CONTROLLING ON
THE MIXTURE TOOL OF GAS AS ALTERNATIF
ENERGY ON HYDROGEN PRODUCT SYSTEM WITH
WATER ELECTROLYSIS METHOD***

**Santiko Luhur Andana
NRP. 2413031030**

Advisor Lecturer
Ir. Roekmono, M.T.
NIP. 19580908 198601 1 001

***STUDY PROGRAM D3 METROLOGY AND INSTRUMENTATION
DEPARTMENT OF ENGINEERING PHYSICS
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA 2016***

LEMBAR PENGESAHAN

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN *PRESSURE* PADA ALAT PENCAMPUR GAS SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF PADA SISTEM PRODUKSI HIDROGEN DENGAN METODE ELEKTROLISIS AIR

TUGAS AKHIR

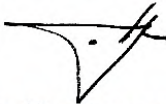
Oleh :

Santiko Luhur Andana
NRP : 2413 031 030

Surabaya, 26 Juli 2016

Mengetahui/Menyetujui

Dosen Pembimbing



Ir. Roekmono, M.T.
NIP. 19580908 198601 1 001

**Ketua Jurusan Teknik Fisika
FT-ITS**



Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D
NIP. 19780902 200312 1 002

**Ketua Program Studi
D3 Metrologi dan Instrumentasi**



Dr. Ir. Purwadi Agus Darwito, M.Sc.
NIP. 19620822 198803 1 001

**RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN
PRESSURE PADA ALAT PENCAMPUR GAS SEBAGAI
ENERGI ALTERNATIF PADA SISTEM PRODUKSI
HIDROGEN DENGAN METODE ELEKTROLISIS AIR**






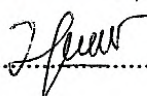
TUGAS AKHIR

**Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Ahli Madya
pada
Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember**

Oleh :

**Santiko Luhur Andana
NRP : 2413 031 030**

Disetujui oleh Tim Penguji Tugas Akhir :

1. Ir. Roekmono, M.T.  (Pembimbing)
2. Detak Yan Pratama, S.T., M.Sc.  (Ketua Penguji)
3. Ir. Harsono Hadi, M.Sc., Ph.D...  (Penguji I)
4. Arief Abdurrahkman, S.T. M.T.  (Penguji II)
5. Bagus Tris Atmaja, S.T., M.T....  (Penguji III)
6. Herry Sufyan Hadi, S.T., M.T. ...  (Penguji IV)

**SURABAYA
JULI, 2016**

RANCANG BANGUN SISTEM PENGENDALIAN PRESSURE PADA ALAT PENCAMPUR GAS SEBAGAI ENERGI ALTERNATIF PADA SISTEM PRODUKSI HIDROGEN DENGAN METODE ELEKTROLISIS AIR

Nama Mahasiswa : Santiko Luhur Andana
NRP : 2413 031 030
Program Studi : D3 Metrologi dan Instrumentasi
Jurusan : Teknik Fisika FTI-ITS
Pembimbing : Ir. Roekmono, MT.

Abstrak

Energi terbarukan merupakan suatu energi yang sangat dibutuhkan saat ini diantaranya hidrogen dan biogas. Hidrogen didapatkan dari elektrolisis air sedangkan biogas didapatkan melalui proses fermentasi bahan organik oleh bakteri. Saat ini banyak dikembangkan biogas dari kotoran sapi oleh peternak hampir di seluruh wilayah Indonesia dan tidak semua peternak mempunyai sapi yang cukup untuk menghasilkan biogas, maka dari itu dibutuhkan penghematan terhadap biogas. Di dalam tugas akhir ini dilakukan simulasi pencampuran antara biogas dan hidrogen untuk penghematan terhadap biogas menggunakan udara bebas. Biogas dan hidrogen dicampur berdasarkan *pressure* dari masing-masing gas tersebut dengan cara melihat kondisi kekuatan tekanan *mixing process tank*. Selain itu, *pressure* juga ditentukan berdasarkan kekuatan aktuatoarnya yaitu 30 psi. Dengan melihat fakta tersebut, biogas dan hidrogen dapat dicampur dengan perbandingan tekanan 70% biogas dan 30% hidrogen serta 80% biogas dan 20% hidrogen. Dengan menggunakan tekanan diatas, respon sistem menunjukkan sistem berjalan dengan baik sesuai dengan yang diinginkan dengan hanya membutuhkan waktu satu kali *looping* program 70,05 detik untuk saklar 1 dan 69,84 detik saklar 2.

Kata Kunci : Hidrogen, Biogas, *Mixing Process Tank*

**THE DESIGN OF PRESSURE CONTROLLING ON THE
MIXTURE TOOL OF GAS AS ALTERNATIF ENERGY ON
HYDROGEN PRODUCT SYSTEM WITH WATER
ELECTROLYSIS METHOD**

Name : Santiko Luhur Andana
NRP : 2413 031 030
Program Study : Diploma 3 of Metrology and Instrumentation
Department : Engineering Physics FTI-ITS
Lecture : Ir. Roekmono, MT.

Abstract

Renewable Energy is a most needed energy today and ones of them are hydrogen and biogas. Hydrogen is taken from water electrolysis while biogas is taken from organic substance fermentation process by bacteria. Today biogas is much developed from cows feces by cows breeder almost in most Indonesian region and not all the breeders have enough cow to produce biogas, so it is needed to save the biogas. In this final project is simulated to be mixed between biogas and hydrogen for saving biogas with free air. They can be mixed base pressure from each gas also by observing pressure strength condition mixing process tank. This pressure can be mixed with strength condition of actuator is 30 psi. By observing the fact, biogas with hydrogen can be mixed with pressure comparison 70% biogas and 30% hydrogen and 80% biogas and 20% hydrogen. Based on it pressure, role and system respond shows that the running of system is good and only need time for one looping program is 70,05 second for switch 1 and 69,84 second for switch 2.

Keyword : Hydrogen, Biogas, Mixing Process Tank

KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah kami panjatkan kehadirat Allah SWT, berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir yang berjudul : **“Rancang Bangun Sistem Pengendalian *Pressure* pada Alat Pencampur Gas sebagai Energi Alternatif pada Sistem Produksi Hidrogen dengan Metode Elektrolisis Air”**. Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak yang telah membantu dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan Tugas Akhir ini. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih atas bantuan dan motivasi kepada :

1. Bapak Agus Muhamad Hatta, S.T., M.Si., Ph.D selaku ketua Jurusan Teknik Fisika ITS.
2. Bapak Ir. Roekmono, M.T. selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan ilmu, memberikan dukungan dan memberikan banyak masukan terhadap penyelesaian tugas akhir ini.
3. Bapak Arief Abdurrahman S.T., M.T. selaku dosen pembimbing tim elektrolisis yang selalu memberikan bimbingan serta dukungan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak dan Ibu dosen Teknik Fisika yang telah memberikan ilmu selama kuliah dan bermanfaat bagi penyelesaian tugas akhir ini dan semoga dapat bermanfaat bagi kehidupan selanjutnya.
5. Laboratorium Mikrokontroller dan *Microprocessor*, Workshop Instrumentasi dan Kontrol, Laboratorium Pengukuran Fisis, serta Laboratorium Rekayasa Instrumentasi dan Kontrol yang telah memberikan tempat berdiskusi dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Keluarga penulis yang senantiasa mendukung dan memberikan doa untuk keberlangsungan tugas akhir ini.
7. Rekan – rekan tim elektrolisis yang telah bekerja bersama – sama untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini dengan baik.

8. Rekan-rekan dan pihak – pihak lain yang namanya tidak bisa saya sebutkan satu per satu yang telah banyak membantu dalam proses pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa penyusunan laporan Tugas Akhir ini masih belum sempurna, untuk itu saran serta kritik yang membangun sangat diharapkan. Penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi pembacanya.

Surabaya, Juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
TITTLE PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	v
ABTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat	3

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Elektrolisis Air.....	5
2.2 Air.....	7
2.3 Larutan KOH	7
2.4 Perkembangan dan Pengertian Hidrogen.....	8
2.5 Hidrogen Sebagai Sel Bahan Bakar.....	10
2.6 Biogas	19
2.7 Kondisi Peternakan di Indonesia	21
2.8 Mikrokontroler ATmega16.....	21
2.9 Fitur ATmega16	22
2.10 Konfigurasi ATmega16	23
2.10 Analisa Sumber – Sumber Ketidakpastian	24

BAB III PERANCANGAN ALAT DAN METODOLOGI

3.1 <i>Flowchart</i> dan Diagram Blok Pengendalian	27
3.2 Perancangan <i>Hardware</i> dan <i>Local Control Unit</i>	29

3.3 Perancangan Sistem Pengendalian <i>Pressure</i>	30
3.4 Perancangan Mikrokontroler ATmega 16.....	31
3.5 Perancangan <i>Power Supply</i>	32
3.6 Perancangan Sensor <i>Pressure</i> MPX 5700 AP.....	34
3.7 Perancangan Display LCD (<i>Liquid Crystal Display</i>)	34
3.8 Modul Relay.....	35
3.9 <i>Solenoid Valve</i>	36
3.10 Perancangan Perangkat Lunak (<i>Software</i>)	37
3.11 Penentuan Hubungan Tekanan dan Volume dengan Menggunakan Persamaan Hukum Boyle	39
3.12 Prosedur Operasional	41

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengujian Sensor MPX 5700 AP	43
4.2 Kalibrasi Sensor MPX 5700 AP	47
4.3 Pengujian Sistem dan Respon Sistem	51
4.4 Hubungan antara Tekanan dan Volume yang Masuk kedalam Tabung	56

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	59
5.2 Saran.....	59

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN A

LAMPIRAN B

LAMPIRAN C

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Elektrolisis Air	5
Gambar 2.2	Air	7
Gambar 2.3	Kalium Hidroksida (KOH).....	8
Gambar 2.4	Simbol Gas Hidrogen.....	9
Gambar 2.5	<i>A Fuel Cell Transportation unit</i>	12
Gambar 2.6	Bagan Kinerja ' <i>Hydrogen Fuel Cells</i> '	12
Gambar 2.7	Sel Elektrolisis Generator Hidrogen	15
Gambar 2.8	<i>Fuel Cell Circuit</i>	16
Gambar 2.9	<i>High Temperature Electrolysis</i>	18
Gambar 2.10	Berbagai Pengaruh Pada <i>High Temperature Electrolysis</i>	18
Gambar 2.11	Sistem Biogas.....	19
Gambar 2.12	Konfigurasi Pin ATmega 16.....	23
Gambar 3.1	<i>Flowchart</i> Pengerjaan Tugas Akhir	27
Gambar 3.2	Diagram Blok Pengendalian	28
Gambar 3.3	P&ID <i>Mixing Process Tank</i>	29
Gambar 3.4	<i>Plant Mixing Process Tank</i>	30
Gambar 3.5	Mikrokontroler ATmega 16	32
Gambar 3.6	(A) <i>Power Supply</i> DC 12V 10A (B) <i>Power Supply</i> DC 5V 2A	33
Gambar 3.7	Sensor MPX 5700 AP	34
Gambar 3.8	Penempatan LCD untuk monitoring <i>Pressure</i>	35
Gambar 3.9	Modul Relay.....	36
Gambar 3.10	<i>Solenoid Valve</i>	36
Gambar 3.11	Tampilan <i>Software CodeVisionAVR V 2.05.0</i>	38
Gambar 3.12	Tampilan <i>Extreme Burner V1.2</i>	39
Gambar 4.1	Penempatan Sensor MPX 5700 AP.....	43
Gambar 4.2	Diagram Alir Sensor	44
Gambar 4.3	Grafik Pembacaan Skala pada Sensor MPX5700A	46
Gambar 4.4	Grafik Respon Sistem dari 0 psi menuju 15 psi	53
Gambar 4.5	Grafik Respon Sistem dari 15 psi menuju 22 psi	53
Gambar 4.6	Grafik Respon Sistem Saklar 1 ON.....	54
Gambar 4.7	Grafik Respon Sistem dari 0 psi menuju 18 psi	55

Gambar 4.8 Grafik Respon Sistem dari 18 psi menuju 22 psi	55
Gambar 4.9 Grafik Respon Sistem Saklar 2 ON.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Persentase dan Efek Polutan pada Biogas	20
Tabel 4.1	Perhitungan Interpolasi.....	43
Tabel 4.2	Pembacaan Skala Pada Sensor MPX 5700 AP.....	44
Tabel 4.3	Data Pembacaan Berulang.....	45
Tabel 4.4	Perhitungan Kalibrasi Sensor MPX 5700 AP	48
Tabel 4.5	Data Pengujian Sistem.....	49

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Energi alternatif sangatlah dibutuhkan dalam era globalisasi seperti ini karena energi dari dalam bumi yang ada saat ini jumlahnya sangat terbatas dan semakin lama energi tersebut jumlahnya pasti akan berkurang. Untuk mewujudkan energi alternatif, diperlukan penelitian-penelitian untuk mencari bahan-bahan cocok yang ramah lingkungan dan lebih murah. Sekarang ini ilmuwan-ilmuwan berlomba-lomba untuk mewujudkan energi alternatif sebagai pengganti energi dari dalam bumi yang mulai menurun jumlahnya dan tidak ramah lingkungan. Energi alternatif dapat dimanfaatkan dari berbagai macam aspek dan bahan. Sudah banyak ditemukan energi alternatif dengan harga murah yang memanfaatkan sampah dan kotoran. Selain itu ada juga energi alternatif yang dapat ditemukan dari bahan dari alam yang jumlahnya melimpah. Contoh energi alternatif tersebut adalah biogas dan hidrogen.

Dalam pemanfaatannya, baik biogas maupun hidrogen memiliki fungsi masing-masing. Dari proses pemurnian biogas dapat dihasilkan metana dan *slurry*. Gas metan dapat digunakan untuk berbagai sistem pembangkitan energi sedangkan *slurry* dapat digunakan sebagai kompos. Biogas dihasilkan dari proses anaerobik dan terdiri dari unsur utama berupa metana (CH_4) dan karbon dioksida (CO_2), dan beberapa unsur yang lain, seperti hidrogen sulfida (H_2S), amonia (NH_3), hidrogen (H_2), nitrogen (N_2), karbon monoksida (CO), jenuh atau terhalogenasi karbohidrat, dan oksigen (O_2) (Arief Abdurrakhman, 2014). Sedangkan hidrogen sendiri merupakan gas yang mudah terbakar dan meledak, sehingga dengan kondisi ini hidrogen sangat baik untuk membantu pergerakan piston pada mesin dan bahan bakar yang dibutuhkan pun akan semakin berkurang. Hidrogen dapat dihasilkan dari proses elektrolisis air. Proses elektrolisis merupakan proses pemecahan air murni (H_2O) menjadi hidrogen dan oksigen. Hidrogen dan oksigen hasil pemurnian sistem

elektrolisis ini dikenal dengan nama *Brown's Gas*. (Arief Abdurrahman, 2010). Dengan melihat kondisi ini, diperoleh ide untuk menggabungkan kedua energi ini agar terwujud suatu energi baru yang dapat digunakan untuk efisiensi genset penghasil energi listrik.

Dalam tugas akhir ini, direncanakan untuk dilakukan pencampuran gas antara biogas dengan hidrogen. Penggunaan biogas yang dicampur dengan hidrogen sudah banyak digunakan sebelumnya. Seperti yang dijelaskan pada jurnal berjudul "*The Air Fuel Ratio Study for The Mixture of Biogas And Hydrogen on Mild Combustion*" menjelaskan bahwa campuran antara 50% Biogas, 20% Hidrogen, dan 30% Karbondioksida dapat membakar semua bahan bakar secara sempurna tanpa menyisakan UHC pada *exhaust gas*. (M.M. Noor, 2013) Dalam jurnal tersebut, UHC adalah *Unburned Carbon* atau suatu sampah yang dapat mencemari lingkungan, selain itu jika tidak dibakar secara sempurna akan menimbulkan gangguan pada *exhaust gas*. Kadar hidrogen dengan biogas ini tergantung pada kebutuhan dari masing-masing alat. Sedangkan pada jurnal yang berjudul "*Effects Of CH₄, H₂ And CO₂ Mixtures on SI Gas Engine*" ini lebih cenderung ke efek metana daripada biogas, akan tetapi metana juga merupakan suatu zat yang terkandung dalam biogas. Dalam jurnal ini dijelaskan bahwa kandungan gas 69.70% CH₄, 9.95% H₂ dan 20.45% CO₂ dengan rasio ekuivalensi antara 1,00 dengan 0,82 dapat menghasilkan keluaran daya terbesar yaitu 12,5 kW dengan efisiensi termal sebesar 35% pada mesin berbahan bakar gas. (S. Chuayboon, 2014) Dengan melihat fakta-fakta diatas dan juga banyaknya referensi-referensi yang dapat dijadikan acuan untuk membuat rancang bangun alat pencampur gas, dan gas yang direncanakan untuk dicampur adalah gas hidrogen dengan biogas, maka tugas akhir yang berjudul "Rancang Bangun Sistem Pengendalian *Pressure* pada Alat Pencampur Gas Sebagai Energi Alternatif pada Sistem Produksi Hidrogen dengan Metode Elektrolisis Air" perlu untuk dilaksanakan agar dapat mewujudkan suatu energi baru yang dapat digunakan dengan baik, efisien dan tepat guna.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang dijelaskan diatas, maka rumusan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah :

1. Bagaimana merancang alat pencampur gas hidrogen dengan biogas untuk mendapatkan campuran kondisi *pressure* pada tabung ?
2. Bagaimana respon sistem pengendalian *pressure* pada alat pencampur biogas dengan hidrogen ?

1.3 Tujuan

Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Merancang alat pencampur gas hidrogen dengan biogas untuk mendapatkan campuran berdasarkan kondisi *pressure* pada tabung.
2. Mengetahui respon sistem pengendalian *pressure* pada alat pencampur biogas dengan hidrogen.

1.4 Batasan Masalah

Adapun batas ruang lingkup dari penelitian tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Direncanakan gas yang akan dicampur adalah biogas dengan hidrogen
2. Efek campuran gas yang terjadi pada genset tidak dibahas.
3. Perhitungan *pressure* didasarkan atas kekuatan total yang ada pada tabung dan kekuatan total dari *solenoid valve* tanpa menggunakan perhitungan persamaan gas.

1.5 Manfaat

Manfaat dari tugas akhir ini adalah sebagai sistem pencampur biogas dan gas hidrogen untuk dapat mengetahui bagaimana efek kedua gas yang tergolong bahan bakar ini jika dicampur dengan *pressure* tertentu dengan menggunakan mikrokontroler ATmega16.

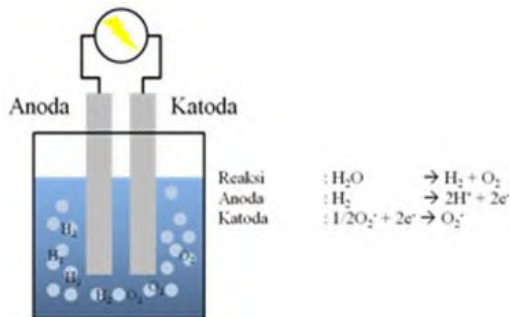
(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Elektrolisis Air

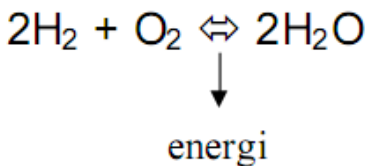
Molekul air dapat diuraikan menjadi unsur-unsur asalnya dengan mengalirinya arus listrik. Proses ini disebut elektrolisis air. Pada katoda, dua molekul air bereaksi dengan menangkap dua elektron, tereduksi menjadi gas H_2 dan ion hidroksida (OH^-). Sementara itu pada anoda, dua molekul air lain terurai menjadi gas oksigen (O_2), melepaskan 4 ion H^+ serta mengalirkan elektron ke katoda. Ion H^+ dan OH^- mengalami netralisasi sehingga terbentuk kembali beberapa molekul air. Gas hidrogen dan oksigen yang dihasilkan dari reaksi ini membentuk gelembung pada elektroda dan dapat dikumpulkan. Prinsip ini kemudian dimanfaatkan untuk menghasilkan hidrogen dan hidrogen peroksida (H_2O_2) yang dapat digunakan sebagai bahan bakar kendaraan hidrogen. Elektrolisis merupakan proses kimia yang mengubah energi listrik menjadi energi kimia. Komponen terpenting dari proses elektrolisis ini adalah elektroda dan larutan elektrolit.



Gambar 2.1 Elektrolisis Air

Pada proses elektrolisis diperlukan dua buah kutub yaitu katoda sebagai kutub negative dan anoda sebagai kutub positif. Hidrogen (bahasa Latin: hydrogenium, dari bahasa Yunani: hydro: air, genes: membentuk) adalah unsur kimia pada tabel periodik yang memiliki simbol H dan nomor atom 1. Pada suhu dan tekanan

standar, hidrogen tidak berwarna, tidak berbau, bersifat non-logam, bervalensi tunggal, dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar. Dengan massa atom 1,00794 amu, hidrogen adalah unsur teringan di dunia. Gas hidrogen sangat mudah terbakar dan akan terbakar pada konsentrasi serendah 4% H₂ di udara bebas.[8] Entalpi pembakaran hidrogen adalah - 286 kJ/mol. Hidrogen terbakar menurut persamaan kimia: $2 \text{H}_2(\text{g}) + \text{O}_2(\text{g}) \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + 572 \text{ kJ}$ (286 kJ/mol) Ketika dicampur dengan oksigen dalam berbagai perbandingan, hidrogen meledak seketika disulut dengan api dan akan meledak sendiri pada temperatur 560 °C. Lidah api hasil pembakaran hidrogen-oksigen murni memancarkan gelombang ultraviolet dan hampir tidak terlihat dengan mata telanjang. H₂ bereaksi secara langsung dengan unsur-unsur oksidator lainnya. Ia bereaksi dengan spontan dan hebat pada suhu kamar dengan klorin dan fluorin, menghasilkan hidrogen halida berupa hidrogen klorida dan hidrogen fluorida. Kekuatan air ini tidak terlepas dari peran masing-masing unsur penyusunnya. Yaitu molekul O₂ dan H₂. kedua unsur ini bereaksi secara bolak-balik menjadi molekul senyawa H₂O. Artinya H₂O bisa dipisah menjadi H₂ dan O₂ atau sebaliknya. Secara kimia persamaan reaksinya digambarkan menjadi:



Dari persamaan tersebut tampak terjadinya reaksi pembakaran sempurna. Dimana molekul-molekul tersebut terbakar menjadi H₂O dan tanpa menghasilkan zat polutan seperti CO₂. Selain itu juga ada keterlibatan energi di dalamnya. Yakni energi yang dibutuhkan untuk memisahkan H₂O ataupun energi yang dihasilkan dari pembakaran H₂ dan O₂.

2.2 Air

Air adalah zat kimia yang penting bagi semua bentuk kehidupan yang diketahui sampai saat ini di bumi, tetapi tidak di planet lain. Air menutupi hampir 71% permukaan bumi. Terdapat 1,4 triliun kilometer kubik (330 juta mil^3) tersedia di bumi. Air dalam obyek-obyek tersebut bergerak mengikuti suatu siklus air, yaitu: melalui penguapan, hujan, dan aliran air di atas permukaan tanah (runoff, memanfaatkan air sebagai bahan bakar meliputi mata air, sungai, muara) menuju laut.



Gambar 2.2 Air

Air adalah substansi kimia dengan rumus kimia H_2O : satu molekul air tersusun atas dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen pada satu atom oksigen. Air bersifat tidak berwarna, tidak berasa dan tidak berbau pada kondisi standar, yaitu pada tekanan 100 kPa (1 bar) and temperatur 273,15 K (0 °C). Zat kimia ini merupakan suatu pelarut yang penting, yang memiliki kemampuan untuk melarutkan banyak zat kimia lainnya, seperti garam-garam, gula, asam, beberapa jenis gas dan banyak macam molekul organik.

2.3 Larutan KOH

Larutan adalah campuran homogen dua atau lebih zat. Untuk keperluan praktikum, sering dibutuhkan larutan zat kimia dengan konsentrasi tertentu yang biasanya tidak tersedia di apotek atau toko kimia. Sehingga harus diencerkan atau dilarutkan terlebih dahulu. KOH atau Kalium Hidroksida adalah basa kuat yang terbuat dari logam alkali kalium yang bernomor atom 19 pada tabel periodik.

Kalium Hidroksida adalah senyawa berbentuk Kristal dengan warna putih yang higroskopis. Untuk mendapatkan larutan KOH 10%, Kristal KOH atau Kalium Hidroksida harus di larutkan terlebih dahulu.



Gambar 2.3 Kalium Hidroksida (KOH)

Kalium hidroksida adalah senyawa yang sangat berbahaya. Dapat menyebabkan luka bakar kimia parah dan kebutaan, untuk itu semua peralatan keselamatan yang tepat, terutama pelindung mata harus digunakan. KOH atau Kalium Hidroksida digunakan dalam praktikum mikologi yaitu untuk menjernihkan specimen rambut, kuku dan kerokan kulit dari pasien yang terinfeksi jamur. Penggunaan KOH atau Kalium Hidroksida dilakukan dengan cara : meletakkan specimen di atas preparat, ditetesi dengan KOH atau Kalium hidroksida 10% lalu ditutup dengan cover glass, didiamkan selama kurang lebih 5 menit. Setelah itu preparat dapat diperiksa di bawah mikroskop dengan pencahayaan rendah. Selain digunakan dalam praktikum mikologi, KOH dan Kalium Hidroksida juga digunakan dalam praktikum media dan reagensia. KOH atau Kalium Hidroksida digunakan untuk membasakan media. Ketika media yang dibuat belum memenuhi kriteria pH yang sesuai atau disarankan, maka dapat ditambahkan KOH atau Kalium Hidroksida agar media yang dibuat dapat sesuai pH nya.

2.4 Pengertian dan Perkembangan Hidrogen

Hidrogen (bahasa Latin: *hydrogenium*, dari bahasa Yunani: *hydro*: air, *genes*: membentuk) adalah unsur kimia pada tabel 3

periodik yang memiliki simbol H dan nomor atom 1. Pada suhu dan tekanan standar, hidrogen tidak berwarna, tidak berbau, bersifat non logam, bervalensi tunggal, dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar. Dengan massa atom 1,00794 amu, hidrogen adalah unsur teringan di dunia. Hidrogen juga adalah unsur paling melimpah dengan persentase kira-kira 75% dari total massa unsur alam semesta. Kebanyakan bintang dibentuk oleh hidrogen dalam keadaan plasma. Senyawa hidrogen relatif langka dan jarang dijumpai secara alami di bumi, dan biasanya dihasilkan secara industri dari berbagai senyawa hidrokarbon seperti metana.



Gambar 2.4 Simbol Gas Hidrogen

Hidrogen juga dapat dihasilkan dari air melalui proses elektrolisis, namun proses ini secara komersial lebih mahal daripada produksi hidrogen dari gas alam. Isotop hidrogen yang paling banyak dijumpai di alam adalah protium, yang inti atomnya hanya mempunyai proton tunggal dan tanpa neutron. Senyawa ionik hidrogen dapat bermuatan positif (kation) ataupun negatif (anion). Hidrogen dapat membentuk senyawa dengan kebanyakan unsur dan dapat dijumpai dalam air dan senyawa-senyawa organik. Hidrogen sangat penting dalam reaksi asam basa yang mana banyak reaksi ini melibatkan pertukaran proton antar molekul terlarut. Oleh karena hidrogen merupakan satu-satunya atom netral yang persamaan Schrodinger-nya dapat diselesaikan secara analitik, kajian pada energetika dan ikatan atom hidrogen memainkan peran yang sangat penting dalam perkembangan mekanika kuantum. Gas hidrogen sangat mudah terbakar dan akan terbakar pada

konsentrasi serendah 4% H_2 di udara bebas. Entalpi pembakaran hidrogen adalah -286 kJ/mol. Hidrogen adalah unsur yang paling melimpah di alam semesta ini dengan persentase 75% dari barion berdasarkan massa dan lebih dari 90% berdasarkan jumlah atom (anonim b).

Pada saat ini gas hidrogen yang ada di Indonesia tersedia dari gas alam yang diproduksi 4 industri gas besar. Harga komersialnya sebagai bahan kimia berkisar dari Rp. 200.000 hingga Rp. 1.700.000 per 6000 L (1 tabung besar) sesuai dengan kadar puritas hidrogennya. Sehingga dapat diperkirakan bahwa operasional *fuel cell* perKWh adalah Rp. 3300 hingga Rp. 28.300 dengan asumsi bahwa per KWh memerlukan rata-rata 0.8-1 L gas hidrogen. Karena gas hidrogen tersebut masih di perdagangkan sebagai bahan kimia, maka masih terasa mahal. Jika ditetapkan sebagai bahan bakar, maka komersialisasi dapat diperhitungkan secara ekonomis. Melihat kebutuhan energi mix pada tahun 2025 nanti adalah sebesar 250 MW yang berarti demand gas hidrogen diperkirakan mencapai 3.6 juta m^3 /hari yang setara dengan 600 tabung besar per hari. Maka dengan kapasitas industri gas hidrogen yang ada di Indonesia sekarang ini, diperlukan 30 kali lipat jumlah perusahaan yang perlu dikembangkan ^[6].

Hidrogen adalah energi sekunder sehingga tetap harus diolah dari sumber energi lain, diantaranya selain gas alam adalah gasifikasi batu bara, elektrolisa air, elektrolisa metanol yang masih relatif mahal, terdapat pula perubahan biogas metan yang masih memerlukan energi panas. Di industri lebih banyak prosesnya menggunakan sumber bahan baku minyak atau batu bara dan gas alam, yang mana masih mempunyai hasil samping yang berbahaya dan merusak lingkungan. Dikarenakan berbagai keuntungan dan kerugian pada saat aplikasi, maka pada kajian masing-masing metode ditelaah lebih lanjut.

2.5 Hidrogen Sebagai Sel Bahan Bakar

Hidrogen bukanlah sumber energi melainkan pembawa energi, artinya hidrogen tidak tersedia bebas di alam atau dapat ditambang layaknya sumber energi fosil. Hidrogen harus diproduksi untuk memperolehnya. Produksi hidrogen dari H_2O

merupakan cara utama untuk mendapatkan hidrogen dalam skala besar, dengan tingkat kemurnian yang tinggi dan tidak melepaskan CO_2 . Kendala utama metode elektrolisis H_2O konvensional saat ini adalah efisiensi total yang rendah (~30%), umur operasional *electrolizer* yang pendek dan jenis material yang ada di pasaran masih sangat mahal. Kendala-kendala tersebut membuat hidrogen belum cukup ekonomis untuk dapat bersaing dengan bahan bakar konvensional saat ini.

Wikipedia (2006) menyatakan laju pertumbuhan penggunaan hidrogen di dunia saat ini adalah 10% per tahun dan terus meningkat. Untuk tahun 2004, produksi hidrogen dunia mencapai 50 juta metrik ton (*million metric tons*-MMT) atau setara dengan 170 juta ton minyak bumi. Diharapkan pada tahun 2010 sampai 2020, laju penggunaan hidrogen bisa menjadi dua kali lipat dari laju penggunaan saat ini. Industri di USA sendiri telah menghasilkan 11 juta metrik ton hidrogen per tahun dan nilai ini setara dengan energi termal sebesar 48 GW. Jumlah hidrogen tersebut dihasilkan dengan proses *reforming* gas alam (5% dari total kebutuhan gas alam nasional) dan melepaskan 77 juta ton CO_2 per tahun (*World Nuclear Association*, August 2007). Diperlukan metode baru untuk menghasilkan hidrogen tanpa melepaskan CO_2 ke atmosfer.^[5]

Hidrogen bukanlah sumber energi (*energy source*) melainkan pembawa energi (*energy carrier*), artinya hidrogen tidak tersedia bebas di alam atau dapat ditambang layaknya sumber energi fosil. Hidrogen harus diproduksi. Produksi hidrogen dari H_2O merupakan cara utama untuk mendapatkan hidrogen dalam skala besar, tingkat kemurnian yang tinggi dan tidak melepaskan CO_2 . Kendala utama metode elektrolisis H_2O konvensional saat ini adalah efisiensi total yang rendah (~30%), umur operasional *electrolyzer* yang pendek dan jenis material yang ada di pasaran masih sangat mahal. Kendala-kendala tersebut membuat hidrogen belum cukup ekonomis untuk dapat bersaing dengan bahan bakar konvensional saat ini. Kegunaan dari *Hydrogen Fuel Cells* sendiri adalah sebagai berikut :

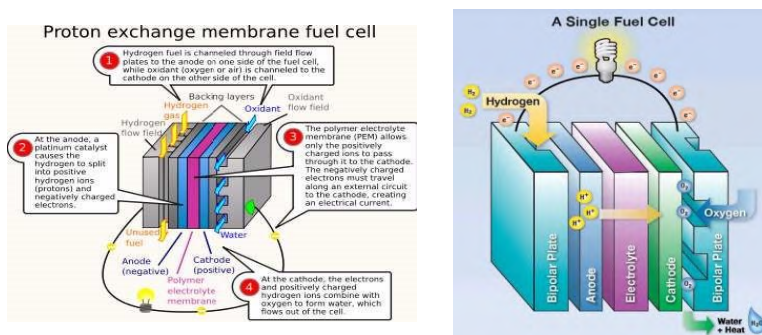
- Transportasi

1. Digunakan untuk bis di Los angeles, Chicago, Vancouver dan Jerman
2. Prototipe hampir semua perusahaan otomoif di U.S dan pasar global
- Pembangkit Tenaga
 1. Digunakan di perumahan dan perkantoran
 2. Digunakan dalam aplikasi kendaraan militer



Gambar 2.5 *A Fuel Cell Transportation unit*

Kinerja *Hydrogen Fuel Cell* serupa seperti aki (accu), hanya saja reaksi kimia penghasil tenaga listrik ini menggunakan hidrogen dan oksigen yg bereaksi dan mengalir seperti aliran bahan bakar melalui sebuah motor bakar. Namun tidak ada pembakaran dalam proses pembangkit listrik ini. Dengan demikian limbah dari proses ini hanyalah air murni yang aman untuk dibuang. ^[5]



Gambar 2.6 *Bagan Kinerja 'Hydrogen Fuel Cells'*

Secara sederhana proses dapat dilihat pada Gambar 2.6 Diatas adalah sebagai berikut :

1. Hidrogen (yang ditampung dalam sebuah tabung khusus) dialirkan melewati anoda, dan oksigen/udara dialirkan pada katoda
2. Pada anoda dengan bantuan katalis platina Pt hidrogen dipecah menjadi bermuatan positif (ion/proton), dan negatif (elektron)
3. Membran di tengah-tengah anoda-katoda kemudian hanya berfungsi mengalirkan proton menyebrang ke katoda
4. Proton yang tiba di katoda bereaksi dengan udara dan menghasilkan air
5. Tumpukan elektron di anoda akan menjadi energi listrik searah yang dapat menyalakan lampu.

Namun ada hal yang sangat penting yang harus dimengerti mengenai hidrogen *fuel cell* ini bahwa tidak ada sumber hidrogen di alam. Berikut beberapa metode dan pembahasan dalam proses menghasilkan hidrogen:

- ***Steam reforming:***



Steam reforming melibatkan proses pembakaran gas alam untuk memperoleh hidrogen. Hidrogen dapat dihasilkan oleh pabrik yang energi utamanya masih menggunakan bahan bakar fosil (minyak, gas ataupun batubara) . Akan tetapi CO₂ hasil pembakaran di industri penyedia hidrogen *fuel cell* seperti di beberapa pabrik di Amerika Serikat dan Uni-Eropa memanfaatkan *reservoir* bawah tanah dengan menginjeksikan CO₂ kedalam pori-pori batuan. *Handling* CO₂ ini dianggap lebih ramah lingkungan dibandingkan pembakaran pada mesin transportasi yang dibuang bebas di udara.

Dengan demikian *hydrogen fuel cell* dianggap sebagai salah satu cara untuk mempermudah mengelola CO₂ akibat proses pembakaran bahan bakar fosil (minyak, gas dan batubara). Sehingga yang harus diperhatikan adalah dimana terdapat pabrik penghasil hidrogen ini, maka disana terdapat penanganan CO₂ hasil pembakaran. Apabila terjadi kebocoran *reservoir*, maka akan sama dampaknya dengan melepas limbah CO₂ di alam bebas. Disinilah risiko penggunaan hidrogen dalam aspek lingkungan. Harus selalu diingat bahwa hidrogen tetap hanya berfungsi sebagai “distributor energi” (*energy carrier*) seperti energi listrik yg ditransmisikan melalui kabel.

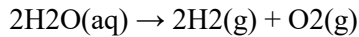
Combustible fuel engine (carbon based) yang dianggap efisien, rata-rata memiliki efisiensi dibawah 40%. Banyak sekali panas yang hilang ketika merubah energi kimia (*fuel*) menjadi energi gerak. Sehingga efisiensi energi didalam *combustible fuel engine* (motor bakar) sangat rendah. Ketika dipakai untuk menghasilkan listrik fuel (BBM) akan sangat banyak yg dipakai. *Fuel Cell* memiliki efisiensi yang cukup tinggi hingga mencapai angka diatas 70%. Nah, kalau saja kita dapat menghasilkan gas hidrogen, barulah dengan *fuel cell* akan diperoleh efisiensi energi yg lebih baik. Untuk saat ini proses pembuatan hidrogen dari minyak bumi (energi fosil) hingga diperoleh listrik oleh *fuel cell* masih memerlukan biaya yang sangat mahal, dan juga masih mensisakan emisi karbon saat memproduksi “*hydrogen fuel*” ini. Sehingga usaha untuk menghemat energi ini masih memerlukan biaya tambahan.^[5]

- ***Carbon Monoxide (Water Shift Gas Reaction):***

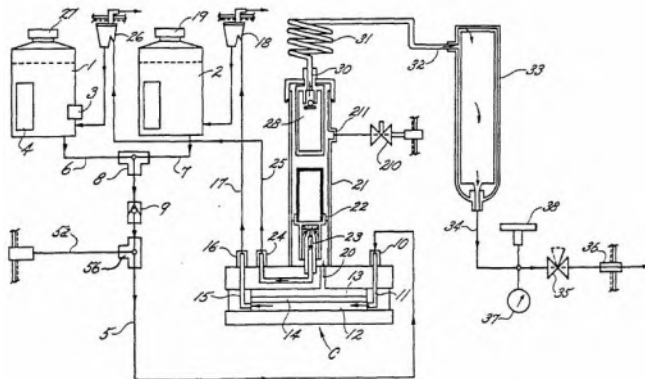


Pada proses ini, oksigen dari molekul air *distripping* (dilucuti) dan kemudian di ikat membentuk molekul karbondioksida, dan membebaskan hydrogen.^[5]

- **Elektrolisis Air:**



Hidrogen dapat diperoleh dari proses hidrolisis dari air. Namun, karena energi listrik dibutuhkan selama berlangsungnya proses, sangat sedikit hidrogen yang diproduksi menggunakan metode ini yaitu hanya sekitar 4%.^[5]

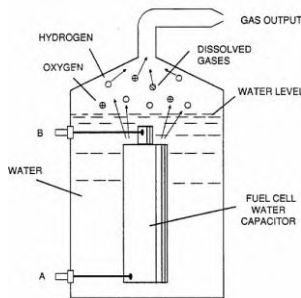


Gambar 2.7 Sel Elektrolisis Generator Hidrogen (U.S.Patent. 5037518, Stuart A Young, et al)

Bahan bakar dari air sebetulnya bukan merupakan sesuatu yang baru. Seorang berkebangsaan Swiss, Isaac De Rivaz (1752-1828), di Tahun 1805 pernah merancang dan membuat mesin pembakaran internal (*internal combustion engine*) yang didapat dari proses penguraian (elektrolisa) air. Memang mesin tersebut tidak sempurna. Namun demikian, pada saat itu di mana bahan bakar fosil belum ditemukan merupakan suatu lompatan teknologi yang luar biasa.

Mulai dari sinilah evolusi mengenai berbagai temuan tentang pemanfaatan air untuk menjadi bahan bakar berkembang sampai pada penemuan Profesor Yull Brown dari Sydney, Australia, di tahun 1974. Profesor Brown berhasil menemukan campuran sempurna gas hidrogen dan oksigen yang didapatinya melalui suatu proses elektrolisa air (hidrolisa) yang tidak membutuhkan energi listrik terlalu besar, bahkan

menghasilkan daya ledakan yang cukup besar yang dapat dimanfaatkan dalam mesin bakar. Profesor Brown kemudian menamakan campuran gas yang eksplosif tadi sebagai gas Brown (Brown Gas). Temuan gas Brown ini dimanfaatkan lebih jauh kemudian di dekade 90an, oleh penemu dari Ohio Amerika Serikat bernama Stanley Meyer. Meyer berhasil membuat mobil VW buggy dengan menggunakan bahan bakar 100% dari air. ^[5]



Gambar 2.8 *Fuel Cell Circuit* (U.S.Patent. 4936961, Stanley A Meyer)

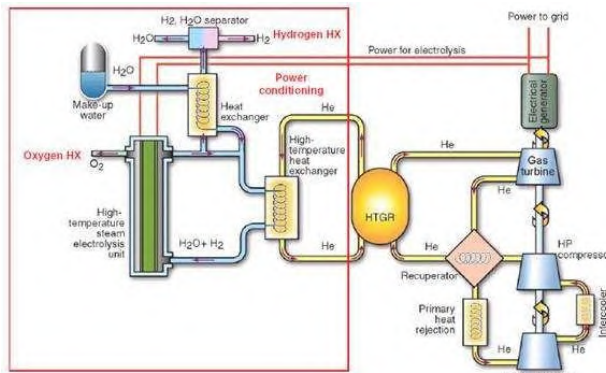
Air dalam keadaan alami banyak sekali ragam fasanya. Yang jelas air secara alami dalam bentuk apa pun tidak dapat dibakar. Hidrogen atau gas Brown yang didapat dari penguraian air lah yang sebetulnya dapat dimanfaatkan menjadi bahan bakar. Apalagi gas Brown merupakan campuran Adari hidrogen yang eksplosif dan oksigen yang sangat dibutuhkan dalam setiap proses pembakaran. Jadi sebetulnya terdapat dua proses untuk memanfaatkan air sebagai bahan bakar. Yang pertama tentunya proses penguraian air menjadi gas Brown. Kemudian yang kedua adalah pembakaran gas Brown itu sendiri yang menghasilkan energi. Selain dari energi, hasil pembakaran gas Brown juga menghasilkan uap air dan tidak memproduksi gas-gas polutan berbasis karbon.

Yang selalu menjadi dilema adalah energi yang diperlukan untuk menjalankan proses pertama dan energi yang dihasilkan

oleh proses tahap kedua. Jika kemudian energi yang dibutuhkan untuk menjalankan proses yang pertama lebih besar dari yang dihasilkan di tahap kedua, maka sama sekali tidak terjadi energi tambahan. Yang ada tentunya adalah energi yang hilang (*energy loss*). Jika, demikian tidak ada maknanya menjalankan kedua proses tersebut. Namun, sangat dapat dibuktikan secara ilmiah bahwa gas Brown menghasilkan energi yang besar dalam proses pembakarannya. Selain daripada dengan cara yang tepat energi yang dibutuhkan adalah sangat kecil untuk memproduksi gas Brown dari penguraian air. Sampai dewasa ini, berbagai perdebatan dan perbedaan pendapat masih tetap mewarnai seputar eksploitasi gas Brown ini. Yang pro sangat yakin dengan manfaat dan penggunaannya. Sedangkan yang kontra sangat menentang dan mengklaim bahwa pemakaian gas Brown ini hanya untuk tipuan belaka. Yang jelas Stanley Meyer telah berhasil mengeksploitasi gas Brown dari penguraian air untuk bisa menjalankan kendaraan VW buggy-nya.

Bahkan belakangan ini perusahaan dari Jepang bernama Genepax, memperkenalkan mobil kecil ciptaannya yang berbahan bakar air, yang dapat dipacu dengan kecepatan 60-70 km/jam. Sungguh mengagumkan. Dengan harga minyak bumi yang tinggi dan ancaman krisis finansial global, energi akan menjadi suatu sektor yang sangat penting dan sensitif. Sudah sepatutnya pemerintah segera mengerahkan para cendekiawannya untuk melakukan penelitian yang serius dengan energi alternatif, termasuk bahan bakar dari air.

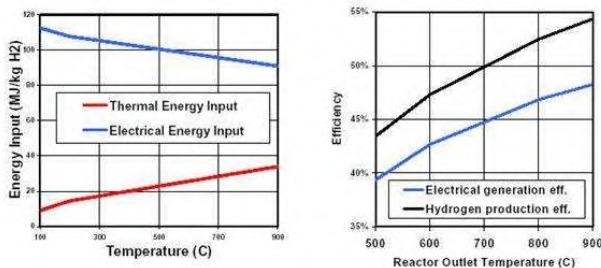
Produksi hidrogen dengan elektrolisis H_2O suhu tinggi (*High Temperature Electrolysis*) merupakan metode yang baru dan sedang dalam proses pengembangan. Metode ini dilakukan guna meningkatkan efisiensi elektrolisis H_2O . Ketika suhu elektrolisis H_2O sekitar 900 °C, maka efisiensi total produksi hidrogen bisa mencapai 55%.^[5]



Gambar 2.9 *High Temperature Electrolysis*

Herring (2004) telah melakukan penelitian *High Temperature Electrolysis* (HTE) dengan menggunakan *solid oxide electrolyzer* dengan elektrolit jenis *yttria-stabilized zirconia* dan reaktor nuklir jenis HTGR (*Helium Turbine Gas Reactor*).

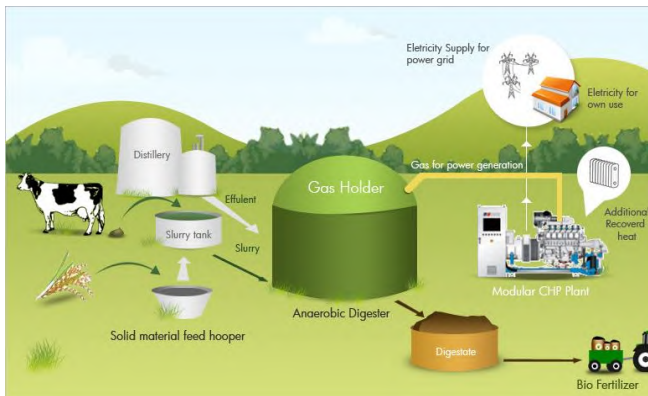
Hasil penelitian ini memperlihatkan semakin besar energi panas yang dapat digunakan untuk proses HTE maka kebutuhan energi listrik dapat dikurangi. Selain itu, semakin besar suhu yang mampu dihasilkan reaktor nuklir maka akan meningkatkan efisiensi proses HTE. ^[5]



Gambar 2.10 Berbagai Pengaruh Pada *High Temperature Electrolysis*

2.6 Biogas

Biogas merupakan suatu campuran gas-gas yang dihasilkan dari suatu proses fermentasi bahan organik oleh bakteri dalam keadaan tanpa oksigen. Biogas juga merupakan gas yang dilepaskan jika bahan-bahan organik seperti kotoran ternak, kotoran manusia, jerami, sekam, dan daun-daun hasil sortiran sayur difermentasi atau mengalami proses metanisasi. Proses metanisasi menghasilkan gas yang kaya akan metana dan slurry. Gas metana dapat digunakan untuk berbagai sistem pembangkitan energi sedangkan slurry dapat digunakan sebagai kompos.



Gambar 2.11 Sistem Biogas

Biogas merupakan gas yang sangat mudah terbakar. Unsur-unsur utama biogas diantaranya metana (CH_4), karbon dioksida (CO_2), beberapa unsur lain seperti amonia (NH_3), hidrogen sulfida (H_2S), karbon monoksida (CO), hidrogen (H_2), nitrogen (N_2), dan oksigen (O_2). Komposisi biogas yang dihasilkan dari pencernaan anaerobik biasanya sekitar 60 - 70 % CH_4 , sekitar 30 - 40% CO_2 , kurang dari 1% N_2 , dan sekitar 10 - 2000 ppm H_2S (Osorio & Torres, 2009). Biogas mudah terbakar karena kandungan gas metana didalamnya. Gas metana memiliki nilai kalor yang tinggi. Untuk gas metana murni (100%) mempunyai nilai kalor 8900 Kkal/m³. Ketika dibakar 1 ft³ gas bio menghasilkan sekitar 10 BTU (2,52 Kkal) energi panas per persentase komposisi metan [7].

Dalam kandungan yang terdapat dalam biogas yang tertulis diatas, diantaranya merupakan polutan yang dapat berdampak buruk baik bagi lingkungan maupun bagi generator biogas dan kompor biogas. Gas gas polutan tersebut sebenarnya sudah disebutkan pada paragraf diatas, untuk memperjelas kembali gas-gas polutan tersebut adalah CO₂ (Karbon dioksida), H₂S (Asam Sulfida), NH₃ (Ammonia), Uap Air, dan debu. Masing-masing dari polutan tersebut mempunyai persentase kandungan yang berbeda di dalam biogas dan juga berbeda-beda efek yang ditimbulkannya. Di bawah ini merupakan tabel persentase gas polutan dalam biogas beserta efeknya.

Tabel 2.1 Persentase dan Efek Polutan pada Biogas

Komponen	Persentase	Efek
CO ₂	25 - 50%	<ul style="list-style-type: none"> - Mengurangi nilai panas pembakaran - Menyebabkan korosi (kandungan asam karbon) jika gas cukup basah - Meningkatkan <i>knocking</i> pada mesin
H ₂ S	0 - 0,5%	<ul style="list-style-type: none"> - Menyebabkan korosi pada peralatan dan sistem pemipaan - Menyebabkan emisi SO₂ - Merusak katalis
NH ₃	0 - 0,5%	<ul style="list-style-type: none"> - Emisi NO_x setelah pembakaran - Meningkatkan <i>knocking</i> pada mesin
Uap Air	1 – 5%	<ul style="list-style-type: none"> - Menyebabkan korosi pada peralatan dan sistem pemipaan
Debu	>5 µm	<ul style="list-style-type: none"> - Menutup <i>Nozzle</i>

2.7 Kondisi Peternakan Sapi di Indonesia

Indonesia merupakan suatu negara yang sebagian dari penduduknya menggantungkan hidupnya dari peternakan. Sekarang ini usaha peternakan di Indonesia khususnya peternakan sapi banyak ditemui di berbagai daerah, terutama di daerah pedesaan. Terdapat berbagai macam peternakan sapi yang ada, antara lain adalah peternakan sapi potong dan sapi perah. Kedua jenis peternakan sapi ini memiliki potensi yang besar untuk dijadikan biogas jika limbah kotoran sapi yang ada diolah sedemikian rupa hingga menjadi biogas untuk dimanfaatkan menjadi energi baru terbarukan. Akan tetapi, semua itu juga tergantung dari sapi yang dimiliki oleh peternakan tersebut. Jika sapi yang dimiliki hanya sedikit (sekitar 2-5 sapi), kemungkinan besar biogas yang dihasilkan juga tidak seberapa besar. Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan, peternakan dengan jumlah sapi hanya sekitar 2-5 saja hanya dapat menghasilkan biogas untuk menyalakan 3 kompor saja. Menurut Dr. Ir. Rochadi Tawaf, M.S., selaku dosen Fakultas Pertanian Universitas Padjajaran, sekitar 98% peternak sapi potong di Indonesia merupakan peternak kecil. Sedangkan sebanyak 2% sisanya merupakan peternak perusahaan ^[8]. Dengan melihat hal ini, peternak kecil di Indonesia lebih mendominasi daripada peternak perusahaan yang lebih mendominasi dalam jumlah sapi.

2.8 Mikrokontroler ATmega 16

Mikrokontroler adalah IC yang dapat diprogram berulang kali, baik ditulis atau dihapus (Agus Bejo, 2007). *Microcontroller* merupakan suatu sistem komputer yang seluruh atau sebagian besar elemennya dikemas dalam satu *chip IC*, sehingga sering juga disebut dengan *single chip microcomputer*. *Microcontroller* biasa dikelompokkan dalam satu keluarga, masing-masing *microcontroller* mempunyai spesifikasi tersendiri namun masih kompatibel dalam pemrogramannya.

Didalam pembuatan Tugas Akhir ini penulis memilih *microcontroller* AVR ATMEGA 16 sebagai prosesor dari alat yang akan dibuat. AVR merupakan seri *microcontroller* CMOS 8

bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Atmel merupakan salah satu vendor yang bergerak dibidang mikroelektronika, telah mengembangkan AVR (*Alf and Vegard's Risc processor*) sekitar tahun 1997. Berbeda dengan *microcontroller* MCS51, AVR menggunakan arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang mempunyai lebar *bus* data 8 *bit*, perbedaan ini bisa dilihat dari frekuensi kerjanya. MCS51 memiliki frekuensi kerja seperduabelas kali frekuensi *oscillator* sedangkan frekuensi kerja AVR sama dengan frekuensi *oscillator*. Jadi dengan frekuensi *oscillator* yang sama, kecepatan AVR duabelas kali lebih cepat dibanding kecepatan MCS51. Secara umum AVR dibagi menjadi 4 kelas, yaitu Attiny, AT90Sxx, ATMega dan AT86RFxx. Perbedaan antar tipe AVR terletak pada fitur-fitur yang ditawarkan, sementara dari segi arsitektur dan set instruksi yang digunakan hampir sama. (Datasheet AVR ATMega 16 : PDF)

2.9 Fitur ATMega 16

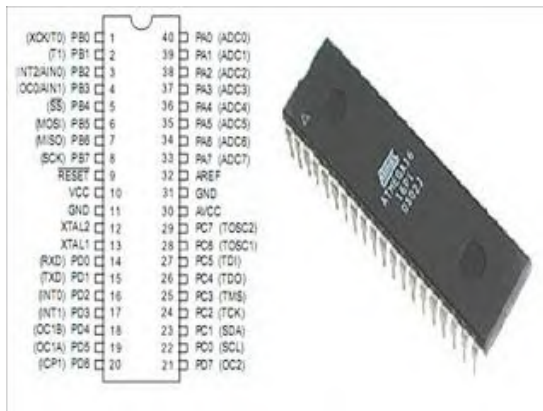
Fitur-fitur yang dimiliki ATMega 16 adalah sebagai berikut :

1. *Microcontroller* AVR 8 *bit* yang memiliki kemampuan tinggi, dengan daya rendah.
2. Arsitektur RISC dengan *throughput* mencapai 16 MIPS pada frekuensi 16MHz.
3. Memiliki kapasitas *Flash* memori 16 KByte, EEPROM 512 Byte dan SRAM 1 KByte.
4. Saluran I/O sebanyak 32 buah, yaitu *Port A*, *Port B*, *Port C*, dan *Port D*.
5. CPU yang terdiri atas 32 buah *register*.
6. Unit interupsi internal dan eksternal.
7. *Port* USART untuk komunikasi serial.
8. Fitur *Peripheral*.
 - a. Tiga buah *Timer/ Counter* dengan kemampuan perbandingan. (dua buah *Timer/ Counter* 8 *bit* dengan *Prescaler* terpisah dan *Mode Compare* dan satu buah *Timer/ Counter* 16 *bit* dengan *Prescaler* terpisah, *Mode Compare*, dan *Mode Capture*).

- b. *Real Time Counter* dengan *Oscillator* tersendiri.
- c. 4 channel PWM
- d. 8 channel, 10 bit ADC. (8 *Single-ended Channel*, 7 *Differential Channel* hanya pada kemasan TQFP dan 2 *Differential Channel* dengan *Programmable Gain* 1x, 10x, atau 200x.
- e. *Byte-oriented Two-wire Serial Interface*.
- f. *Programmable Serial USART*.
- g. Antarmuka SPI.
- h. *Watchdog Timer* dengan *oscillator internal*.
- i. *On-chip analog Comparator*. (Datasheet ATmega16 : PDF)

2.10 Konfigurasi Pin AVR ATmega 16

Untuk penjelasan *pin* dari AVR ATmega 16 ditunjukkan dalam gambar 2. :



Gambar 2.12 Konfigurasi Pin ATmega 16

Konfigurasi *pin* ATmega 16 dengan kemasan 40 *pin* DIP (*Dual Inline Package*) dapat dilihat pada Gambar 2.12. Dari gambar diatas dapat dijelaskan fungsi dari masing-masing *pin* ATmega 16 sebagai berikut :

1. VCC merupakan *pin* yang berfungsi sebagai masukan catu daya.

2. GND merupakan *pin Ground*.
3. *Port A* (PA.0...PA.7) merupakan *pin input/ output* dua arah dan *pin* masukan ADC.
4. *Port B* (PB.0...PB.7) merupakan *pin input/ output* dua arah dan *pin* fungsi khusus
5. *Port C* (PC.0...PC.7) merupakan *pin input/ output* dua arah dan *pin* fungsi khusus.
6. *Port D* (PD.0...PD.7) merupakan *pin input/ output* dua arah dan *pin* fungsi khusus
7. RESET merupakan *pin* yang digunakan untuk me-*reset* mikrokontroler.
8. XTAL1 dan XTAL2 merupakan *pin* masukan *clock eksternal*.
9. AVCC merupakan *pin* masukan tegangan untuk ADC.
10. AREF merupakan *pin* masukan tegangan referensi ADC.

2.11 Analisa Sumber – Sumber Ketidapastian

Untuk mengevaluasi masing - masing sumber ketidapastian diperlukan analisa dengan menggunakan metoda Statistik, yang disebut analisa type A, selain itu metode statistik yang lain disebut dengan analisa type B. untuk lebih jelasnya dapat dilihat sebagai berikut:

2.11.1 Analisa Type A (Ua)

Pada tipe ini biasanya ditandai dengan adanya data pengukuran, misalnya n kali pengukuran, maka selanjutnya dari data tersebut, akan ditemukan nilai rata-ratanya, standar deviasinya, dan atau *repeatability*-nya. Bentuk kurva dari tipe ini adalah sebaran Gauss. Rumus umum ketidapastian untuk tipe A ini adalah:

$$U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad \text{dengan } \sigma = \text{Standar deviasi}$$

Rumus standar deviasi (σ) sendiri adalah sebagai berikut :

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum (y_i - \bar{y})^2}}{n-1}$$

Sedangkan untuk Ua_2 rumusnya dapat diketahui seperti di bawah ini :

$$Ua_2 = \sqrt{\frac{SSR}{n}}$$

dimana SSR (*Sum Square Residual*) = ΣSR (*Square Residual*) dengan rumus :

$$SSR = \Sigma (y_i - a - bx_i)^2$$

2.11.2 Analisa Type B (Ub)

Pada analisa tipe ini akan digunakan selain metode statistik, yaitu berdasarkan adanya sertifikat kalibrasi atau tidak dan spesifikasi dari alat tersebut. Berhubung dalam laporan ini alat ukur standar yang dipakai tidak ada sertifikat kalibrasi, maka rumusnya adalah sebagai berikut :

$$Ub_1 = \frac{0,5 \text{ Resolusi}}{\sqrt{3}}$$

$$Ub_2 = \frac{2\% \times \max \text{ pembacaan standar}}{2}$$

2.11.3 Ketidakpastian Kombinasi (Uc)

Selanjutnya dari semua sumber ketidakpastian tersebut diatas harus dikombinasikan atau digabungkan untuk memberikan gambaran menyeluruh ketidakpastian dari hasil kalibrasi tersebut. Rumus umum ketidakpastian kombinasi adalah:

$$U_c = \sqrt{\left[\sum_{i=1}^N c_i u(x_i) \right]^2}$$

2.11.4 Derajat Kebebasan (Veff)

Derajat kebebasan dapat dihitung jika v_i diketahui. v_i merupakan hasil perhitungan dari $n-1$. Rumus derajat kebebasan sendiri adalah sebagai berikut :

$$V_{eff} = \frac{U_c^4}{\sum_{i=1}^n \frac{U_i^4(y)}{v_i}}$$

2.11.5 Faktor Cakupan (k)

Faktor cakupan merupakan faktor pengali pada ketidakpastian, sehingga membentuk cakupan logis pada penggunaan keseharian. Faktor cakupan dicari menggunakan tabel T-Student Distribution

2.11.6 Ketidakpastian Diperluas (U_{exp})

Dalam pelaporan ketidakpastian hasil pengukuran atau kalibrasi yang dilaporkan adalah ketidakpastian yang sudah dalam perluasan (*expanded*), sehingga hasil tersebut sangat logis dalam kenyataan, selain itu dengan menggunakan tingkat kepercayaan 95 %, seperti lazimnya dipakai dalam pelaporan – pelaporan saat ini, lain halnya jika ada pengecualian dengan mengambil tingkat kepercayaan tertentu. Rumus ketidakpastian diperluas (*expanded uncertainty*) adalah:

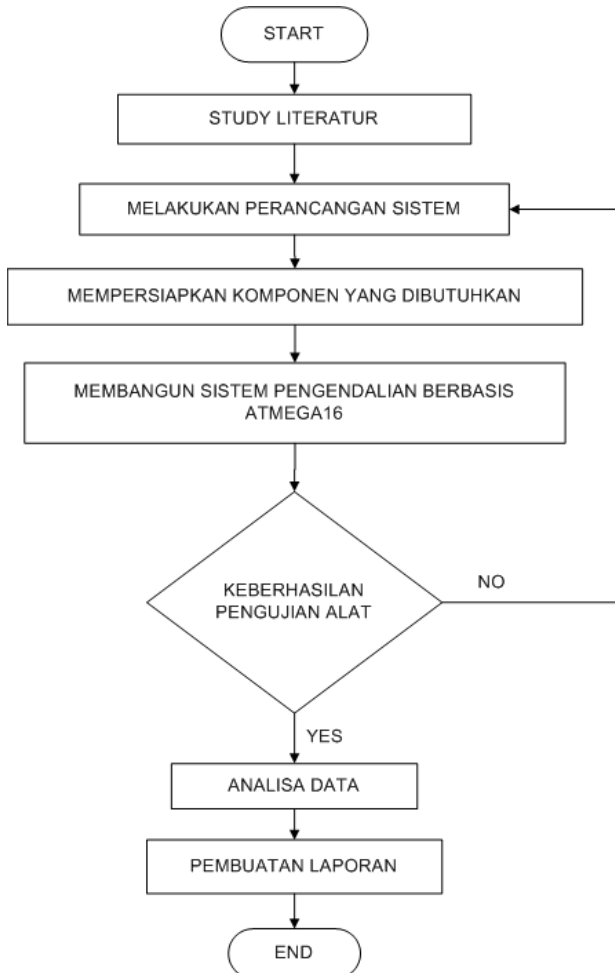
$$U_{exp} = U_c \times k$$

BAB III

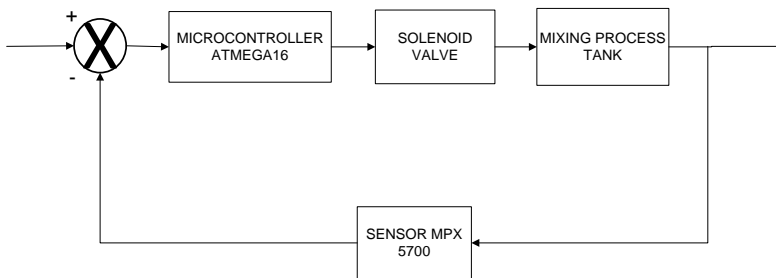
PERANCANGAN ALAT DAN METODOLOGI

3.1. *Flowchart* dan Diagram Blok Perancangan Alat

Langkah-langkah perancangan alat ini digambarkan dalam *flowchart* yang dapat dilihat pada gambar 3.1. di bawah ini.



Gambar 3.1 *Flowchart* pengerjaan tugas akhir



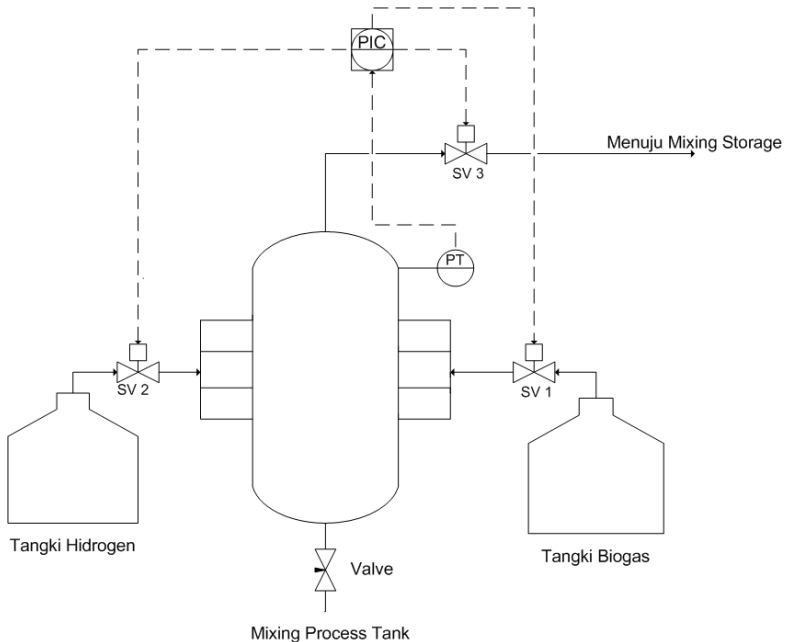
Gambar 3.2 Diagram Blok Pengendalian

Gambar 3.2 di atas merupakan gambar diagram blok sistem pengendalian *pressure* pada tangki pencampur biogas dengan hidrogen yang terdiri dari mikrokontroler atmega 16, solenoid valve sebagai aktuator, *mixing process tank* sebagai tempat pemrosesan pencampuran gas, dan sensor MPX 5700 AP sebagai sensor yang bertugas untuk sensing pada *mixing process tank*.

Untuk proses yang terjadi dalam *mixing process tank* ini sendiri diawali dari saklar yang dikondisikan on. Ketika saklar sudah dalam kondisi on, solenoid valve 1 menghubungkan antara *storage tank* biogas dengan *mixing process tank* akan membuka dan biogas mengalir dari *storage tank* biogas yang dideteksi tekanannya dengan sensor MPX5700AP sampai pada kondisi tekanan yang ditentukan. Setelah tekanan khusus biogas mencapai set point tertentu, maka solenoid valve yang menghubungkan antara *storage tank* biogas dengan *mixing process tank* akan menutup dan berganti dengan solenoid valve 2 yang menghubungkan antara *storage tank* hidrogen dengan *mixing process tank* akan membuka dan mengisi *mixing process tank* sampai pada tekanan tertentu dan dideteksi oleh sensor MPX5700AP yang sama. Setelah mencapai set point, solenoid valve 2 mati dan solenoid valve 3 yang menghubungkan antara *mixing process tank* dengan *mixing storage tank* menyala. Setelah sensor mendeteksi bahwa tekanan yang ada di dalam *mixing process tank* kembali ke tekanan awal, solenoid valve 1 kembali menyala dan begitu seterusnya.

3.2. Perancangan *Hardware* dan *Local Control Unit*

Pada tahap perancangan *Local Control Unit* ini dilakukan dengan melakukan perancangan *hardware* dan *software*. Perancangan *hardware* dimulai dari perancangan plant untuk sistem pengendalian *pressure*, *supply* daya, perancangan sistem rancang bangun plant seperti LCU, rancangan rangkaian LCD, rancangan *supply*, rancangan sensor MPX5700 dan mikrokontroler.



Gambar 3.3 P&ID *Mixing Process Tank*

Elemen – elemen pengendalian pada *mixing process tank* ini terdiri dari sensor berupa MPX 5700 AP yang berfungsi sebagai PT (*Pressure Transmitter*). Microcontroller ATmega 16 sebagai PIC (*Pressure Indicator Control*) dan Solenoid Valve sebagai aktuator. SV1 merupakan Solenoid Valve 1 yang menghubungkan tangki biogas ke *mixing process tank*. SV2 merupakan Solenoid Valve 2 yang menghubungkan tangki hidrogen ke *mixing process*

tank. Sedangkan SV3 merupakan *Solenoid Valve 3* yang menghubungkan *mixing process tank* dengan *mixing storage tank*.

3.3. Perancangan Sistem Pengendalian *Pressure*

Perancangan sistem pengendalian *pressure* diawali dengan pembuatan tabung yang terbuat dari *stainless steel* dengan ukuran diameter tabung 15 cm, dan tinggi tabung 35 cm. Perancangan sistem pengendalian *pressure* pada tangki *mixing process tank* menggunakan inputan berupa *pressure* dari masing - masing tangki biogas dan hidrogen yang kemudian dimasukkan kedalam *controller* yang berupa *microcontroller* ATmega 16. Kemudian *controller* mengirimkan perintah kepada *solenoid valve* sebagai aktuator untuk membuka maupun menutup sesuai dengan perintah yang dikirimkan oleh *controller*. Dalam sistem pengendalian ini menggunakan sensor *pressure* MPX 5700 AP yang berfungsi untuk mengetahui berapa *pressure* dari biogas yang masuk dan berapa *pressure* gas hidrogen serta berapa *pressure* total yang terjadi dari pencampuran kedua gas tersebut.



Gambar 3.4 *Plant Mixing Process Tank*

Berdasarkan gambar diatas, dapat dilihat penempatan dari komponen – komponen yang dibutuhkan untuk *mixing process tank*. Komponen tersebut berupa sensor MPX 5700 AP yang diletakkan di bagian samping dari output gas. Sedangkan untuk bagian sisi samping yang lainnya diisi oleh *pressure gauge* yang

berfungsi hanya sebagai indikator. *Solenoid valve* bagian atas merupakan *solenoid valve 3* yang menghubungkan *mixing process tank* dengan *mixing storage tank*. Sedangkan *solenoid valve* bagian bawah merupakan *solenoid valve 1* dan *solenoid valve 2* yang masing – masing berfungsi untuk menghubungkan tangki biogas dan tangki hidrogen dengan *mixing process tank*. Selain itu, dalam *plant* ini juga terdapat 2 saklar yang masing – masing akan mengendalikan berapa gas hidrogen dan biogas yang harus masuk kedalam tangki pencampuran. Mula – mula sensor MPX 5700 AP akan mendeteksi *pressure* yang ada dalam *mixing process tank*. *Solenoid valve 1* akan aktif jika saklar diaktifkan dengan kondisi *pressure* awal pada tangki pencampuran dan akan mengisi biogas kedalam tangki pencampuran sampai pada *set point pressure* yang ditentukan. Setelah *set point* tercapai, maka *solenoid valve 1* akan mati dan berganti *solenoid valve 2* yang aktif dan mengisi gas hidrogen pada tangki pencampuran sesuai dengan *set point* yang telah ditentukan. Setelah *set point* gas hidrogen tercapai, maka *solenoid valve 2* akan mati dan berganti *solenoid valve 3* yang menyala dan mengirimkan gas campuran hidrogen dan biogas kedalam tangki selanjutnya yaitu tangki penyimpanan gas campuran.

3.4 Perancangan Mikrokontroler ATmega 16

AVR merupakan seri *microcontroller* CMOS 8 bit buatan Atmel, berbasis arsitektur RISC (*Reduced Instruction Set Computer*). Atmel merupakan salah satu vendor yang bergerak dibidang mikroelektronika, telah mengembangkan AVR (*Alf and Vegard's Risc processor*) sekitar tahun 1997. Berbeda dengan *microcontroller* MCS51, AVR menggunakan arsitektur RISC (*Reduce Instruction Set Computer*) yang mempunyai lebar *bus* data 8 bit, perbedaan ini bisa dilihat dari frekuensi kerjanya. MCS51 memiliki frekuensi kerja seperduabelas kali frekuensi *oscillator* sedangkan frekuensi kerja AVR sama dengan frekuensi *oscillator*. Jadi dengan frekuensi *oscillator* yang sama, kecepatan AVR duabelas kali lebih cepat dibanding kecepatan MCS51. Secara umum AVR dibagi menjadi 4 kelas, yaitu Attiny,

AT90Sxx, ATmega dan AT86RFxx. Perbedaan antar tipe AVR terletak pada fitur-fitur yang ditawarkan, sementara dari segi arsitektur dan set instruksi yang digunakan hampir sama.



Gambar 3.5 Mikrokontroler ATmega 16

Perancangan mikrokontroler ATmega 16 bertujuan untuk mendapatkan suatu sistem kontrol yang sesuai dengan kebutuhan dan menghubungkan mikrokontroler yang berisi alur program dengan peralatan – peralatan atau komponen – komponen lain yang dibutuhkan. Mikrokontroler sendiri mempunyai fungsi membangkitkan sinyal digital dari konversi inputan sensor analog untuk mengaktifkan relay dan *solenoid valve*.

3.5 Perancangan *Power Supply*

Power supply merupakan sumber tenaga merupakan sumber tenaga yang dibutuhkan suatu rangkaian elektronika untuk bekerja. Besar power supply ini tergantung oleh spesifikasi dari masing – masing alat yang digunakan. Pada perancangan sistem pengendalian ini, digunakan tiga buah *power supply* DC yang mempunyai spesifikasi masing – masing 2 buah *power supply* DC dengan spesifikasi 12 Volt 10 Ampere dan 1 buah *power supply* DC dengan spesifikasi 5 Volt 2 Ampere. *Power supply* dengan spesifikasi 12 Volt 10 Ampere digunakan untuk *solenoid valve*, relay 16 *channel*, dan sebagai *supply* untuk produksi hidrogen. Sedangkan *power supply* dengan spesifikasi 5 Volt 2 Ampere digunakan untuk relay 4 *channel*, *minimum system* (ATmega

8535, ATmega 16, dan Arduino Mega), motor dc, rangkaian LCD, sensor dan saklar.

Pada umumnya rangkaian *power supply*, sering digunakan IC regulator dalam melakukan pengontrolan tegangan yang diinginkan. Regulator tegangan sangatlah penting kegunaannya apabila sistem *power supply* diaplikasikan pada rangkaian – rangkaian yang membutuhkan tegangan yang stabil. Sebagai contoh untuk sistem digital misalnya, terutama untuk mikrokontroler yang membutuhkan tegangan dan arus yang stabil.



(A)



(B)

Gambar 3.6 (A) *Power Supply* DC 12V 10A (B) *Power Supply* DC 5V 2A

Power supply untuk tegangan DC digunakan sebagai sumber tegangan untuk perangkat yang membutuhkan tegangan DC 12 V dan 5V. IC tegangan yang umum digunakan sebagai pengontrolan tegangan adalah IC keluarga 78XX. IC ini dapat mengontrol tegangan dengan baik. Untuk melihat keluaran yang diinginkan, dapat dilihat dari tipenya masing – masing. Misalkan tipe 7805 dapat memberikan keluaran tegangan 5 Volt dengan toleransi ± 1 , dengan arus keluaran maksimal 1500 mA

3.6 Perancangan Sensor *Pressure* MPX 5700 AP

Sensor MPX 5700 AP merupakan sensor yang digunakan untuk mengetahui tekanan udara dalam sebuah benda, baik itu di dalam botol, didalam ban, dan lainnya, sensor ini bisa mengukur dengan range 0 to 700 kPa (0 to 101.5 psi) - 15 to 700 kPa (2.18 to 101.5 psi), serta tegangan outputnya berada di range 0.2 to 4.7 volt. Sensor ini nantinya akan mengirimkan data kepada mikrokontroler ATmega 16 dan selanjutnya dapat ditampilkan dalam LCD (*Liquid Crystal Display*) sehingga akan dideteksi berapa *pressure* yang terukur dalam LCD tersebut.



Gambar 3.7 Sensor MPX 5700 AP

3.7 Perancangan Display LCD (*Liquid Crystal Display*)

Display elektronik adalah salah satu komponen elektronika yang berfungsi sebagai tampilan suatu data, baik karakter, huruf ataupun grafik. LCD (*Liquid Crystal Display*) adalah salah satu jenis display elektronik yang dibuat dengan teknologi CMOS logic yang bekerja dengan tidak menghasilkan cahaya tetapi memantulkan cahaya yang ada di sekelilingnya terhadap front-lit atau mentransmisikan cahaya dari back-lit. LCD (*Liquid Crystal Display*) berfungsi sebagai penampil data baik dalam bentuk karakter, huruf, angka ataupun grafik.^[9]

LCD yang digunakan dalam *plant* pengendalian *pressure* ini adalah LCD 16 kolom x 2 baris. LCD ini memiliki memori internal yang berisi definisi karakter yang sesuai dengan standar ASCII (CGROM – *Character Generator ROM*) dan memori sementara (RAM) yang bisa digunakan bila memerlukan karakter

khusus (berkapasitas 8 karakter). RAM juga memiliki fungsi untuk menyimpan karakter yang ingin ditampilkan dalam LCD. Pada perancangan LCD ini mempunyai tujuan untuk menampilkan data yang terdeteksi pada sensor sehingga dapat ditampilkan data berupa digital yang menunjukkan monitoring *pressure* pada tangki pencampuran.



Gambar 3.8 Penempatan LCD untuk monitoring *Pressure*

Pada gambar 3.9 ditunjukkan penempatan LCD dari *plant* sistem pengendalian *pressure* dari tangki pencampuran biogas dengan hidrogen. Pada LCD tersebut akan terlihat berapa tingkat *pressure* yang masuk kedalam tabung pencampuran. Berapa kadar tekanan dari biogas yang masuk, kemudian berapa kadar tekanan dari gas hidrogen yang masuk dan juga berapa kadar tekanan jika kedua gas yaitu biogas dan hidrogen telah tercampur dan diteruskan ke tangki selanjutnya.

3.8 Modul Relay

Relay merupakan suatu komponen elektronika yang berfungsi mengalirkan tegangan listrik melalui sebuah penghantar yang digerakkan oleh sebuah medan magnet melalui koil yang dialiri oleh arus listrik. Fungsi dari relay dalam *plant* pengendalian ini sendiri adalah sebagai konversi dari output keluaran ATmega 16 menuju aktuator (*Solenoid valve*). Keluaran dari ATmega 16 sendiri adalah 5V DC sedangkan yang dibutuhkan oleh aktuator (*Solenoid valve*) adalah 12V. Maka dari itu dibutuhkan modul relay untuk mengkonversi dari 5V DC menjadi 12V DC. Untuk menyalakan relay, dapat dilakukan dengan memberikan VCC untuk relay ini sebesar 12V DC

(karena relay yang digunakan merupakan relay 12V DC) dan ground. Sedangkan output dari mikrokontroler masuk ke pin input pada relay. Untuk menyalakan pin input relay, dibutuhkan VCC 5V DC dan ground yang berasal dari mikrokontroler. Pin input ini nantinya yang dapat menggerakkan relay untuk berpindah dari NC ke NO sesuai dengan apa yang diprogram pada mikrokontroler.



Gambar 3.9 Modul Relay

3.9 Solenoid Valve

Pada bagian rancang bangun pengendalian *pressure* ini terdapat 3 solenoid *valve* yaitu terletak pada sambungan selang yang menghubungkan antara tabung biogas, hidrogen dan *storage mixing* yang terhubung dengan *mixing process tank*. Dengan spesifikasi tegangan 12 volt DC, *range pressure* 0-0,7 MPa, dan suhu -5°C - 80°C . Dalam *plant* ini *Solenoid valve* berfungsi untuk mengalirkan fluida yang berupa gas dari masing-masing tangki biogas dan hidrogen serta mengalirkan gas dari *mixing process tank* ke *storage mixing*.



Gambar 3.10 Solenoid Valve

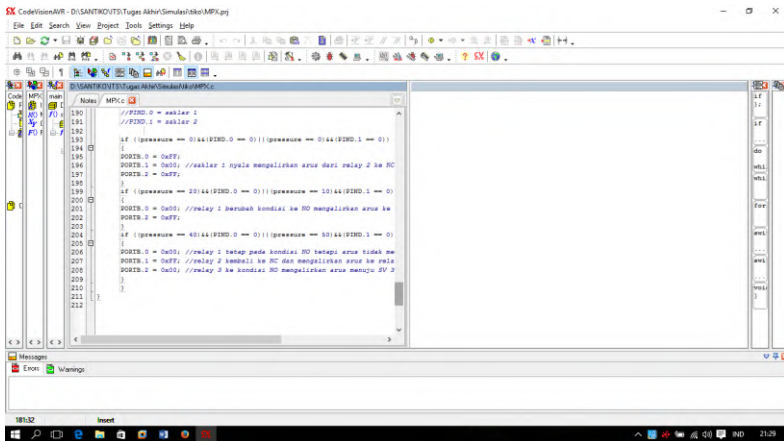
3.10 Perancangan Perangkat Lunak (*Software*)

Pada perancangan alat ini terdapat 2 *software* yang masing-masing digunakan untuk membuat program sebelum di-*compile* ke mikrokontroler dan digunakan sebagai *compiler* program ke, yaitu *Code Vision AVR V 2.05.0* dan *Extreme Burner V 1.2*

3.10.1 *CodeVisionAVR V 2.05.0*

CodeVisionAVR adalah sebuah *compiler C* yang telah dilengkapi dengan fasilitas *Integrated Development Environment* (IDE) dan didesain agar dapat menghasilkan kode program secara otomatis untuk mikrokontroler Atmel AVR. Program ini dapat berjalan dengan menggunakan sistem operasi Windows® XP, Vista, Windows 7, dan Windows 8, 32-bit dan 64-bit. *Integrated Development Environment* (IDE) telah dilengkapi dengan fasilitas pemrograman chip melalui metode *In-System Programming* sehingga dapat secara otomatis mentransfer file program ke dalam *chip* mikrokontroler AVR setelah sukses dikompilasi. ^[10]

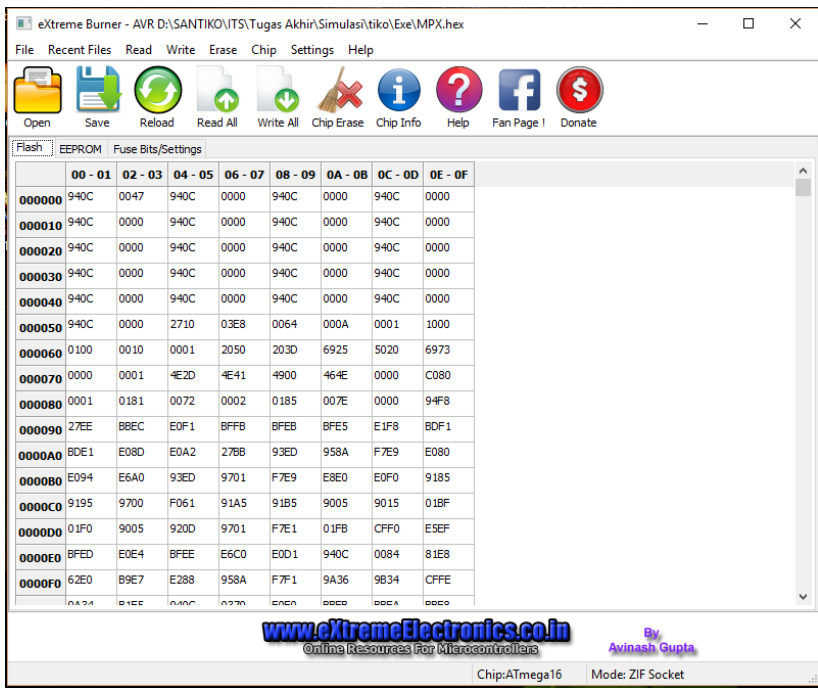
Software code vision AVR v2.05.0 digunakan untuk membuat *listing program* yang berisi perintah – perintah yang berguna mengintegrasikan hasil pengukuran tekanan dari masing – masing gas dan gas yang telah tercampur berdasarkan tekanan pada tangki pencampur yang telah diterima dari sensor dan diteruskan menuju ke mikrokontroler ATmega16. Selain itu, dapat juga memberikan perintah untuk mengintegrasikan mikrokontroler menuju ke LCD 16x2, *personal computer* dan aktuator.



Gambar 3.11 Tampilan *Software CodeVisionAVR V 2.05.0*

3.10.2 *Extreme Burner V1.2*

Software extreme burner ini digunakan untuk meng-*compile listing* program yang dibuat pada *codevisionAVR* ke mikrokontroler atmega16. Selain itu, *Extreme Burner V1.2* juga dapat melakukan pengaturan *clock* dan proses eksekusi program pada mikrokontroler. Tampilan *extreme burner V1.2* yang digunakan pada tugas akhir kali ini dapat dilihat pada gambar 3.12



Gambar 3.12 Tampilan *Extreme Burner* V1.2

3.11 Penentuan Hubungan Tekanan dan Volume dengan Menggunakan Persamaan Gas Ideal dan Hukum Boyle

Gas ideal adalah gas teoritis yang terdiri dari partikel-partikel titik yang bergerak secara acak dan tidak saling berinteraksi. Konsep gas ideal sangat berguna karena memenuhi hukum gas ideal, sebuah persamaan keadaan yang disederhanakan, sehingga dapat dianalisis dengan mekanika statistika. Persamaan gas ideal umumnya adalah sebagai berikut :

$$PV = nRT$$

Dimana,

P = Tekanan

V = Volume

n = Jumlah Substansi gas dalam Mol

R = Konstanta Gas ($8.314472 \text{ J / (K} \cdot \text{mol)}$)

T = Temperatur Mutlak

Dalam persamaan gas diatas dapat diketahui bahwa hubungan antara tekanan dan volume berbanding terbalik. Hal ini diketahui berdasarkan persamaan gas ideal yang telah disebutkan. Persamaan tersebut menunjukkan bahwa hubungan tekanan dan volume berbanding terbalik karena jika semakin tinggi tekanan maka akan diketahui volumenya semakin rendah begitu juga sebaliknya. Untuk lebih jelasnya mengenai hubungan antara tekanan dan volume ini dijelaskan dalam hukum boyle.

Hukum boyle adalah sebuah prinsip yang menggambarkan hubungan antara tekanan dan volume gas. Menurut hukum ini, tekanan yang diberikan oleh gas pada suhu konstan berbanding terbalik dengan volume gas.

Sebagai contoh, jika volume diubah menjadi setengahnya, maka tekanan menjadi dua kali lipat, sedangkan jika volume dua kali lipat, tekanan akan menjadi setengahnya. Efek ini menjelaskan bahwa gas terdiri dari molekul dengan jarak longgar bergerak secara acak. Jika gas dikompresi dalam sebuah wadah, molekul ini mendorong secara bersamaan, dengan demikian gas akan menempati lebih sedikit volume. Sedangkan molekul-molekul memiliki sedikit ruang untuk bergerak, mendesak ke dinding wadah lebih banyak. Dengan fakta tersebut, tekanan akan meningkat.

Semua partikel (atom dan molekul) dari suatu zat yang terus bergerak memiliki energi kinetik. Dalam gas, gerakan partikel sangat energik dan ini adalah alasan mengapa bentuk gas dan partikel memiliki energi yang cukup untuk mengatasi kekuatan menarik dan menahan partikel secara bersamaan.

Hukum Boyle membantu untuk menentukan efek pada volume gas saat mengganti tekanan yang diterapkan di atasnya. Suhu harus dijaga konstan saat melakukan percobaan dalam rangka untuk merencanakan hubungan yang benar antara tekanan dan volume. Hukum ini menyatakan bahwa jika suhu dipertahankan konstan, volume gas berbanding terbalik dengan

tekanan yang diterapkan. Secara matematis hukum boyle dapat ditulis sebagai:

$$PV = \text{konstan (k)}$$

di mana,

P = tekanan dari sistem

V = volume gas

k = nilai konstan

Menurut interpretasi matematis, asalkan suhu sistem tidak berubah, nilai 'k' tetap sama dan karenanya Boyle mampu merumuskan persamaan yang lebih umum, yang dapat ditulis sebagai:

$$P_1V_1 = P_2V_2$$

dimana P_1 dan V_1 adalah tekanan dan volume awal dan P_2 dan V_2 adalah tekanan dan volume akhir. Menurut persamaan ini, dapat dengan mudah dilihat bahwa jika tekanan yang diterapkan pada gas meningkat, akan terjadi penurunan volume dan jika tekanan berkurang, volume akan meningkat, untuk menjaga nilai 'k' tetap konstan. Hukum Boyle berasal dari teori kinetik gas dengan asumsi gas ideal. Hal ini juga menemukan bahwa gas nyata mematuhi hukum Boyle hanya pada tekanan yang cukup rendah pada tekanan yang lebih tinggi, gas umumnya menunjukkan bentuk penyimpangan perilaku ideal mereka.

3.12 Prosedur Operasional

Untuk mengaktifkan *plant* elektrolisis ini perlu diperhatikan tata cara operasionalnya, yaitu sebagai berikut :

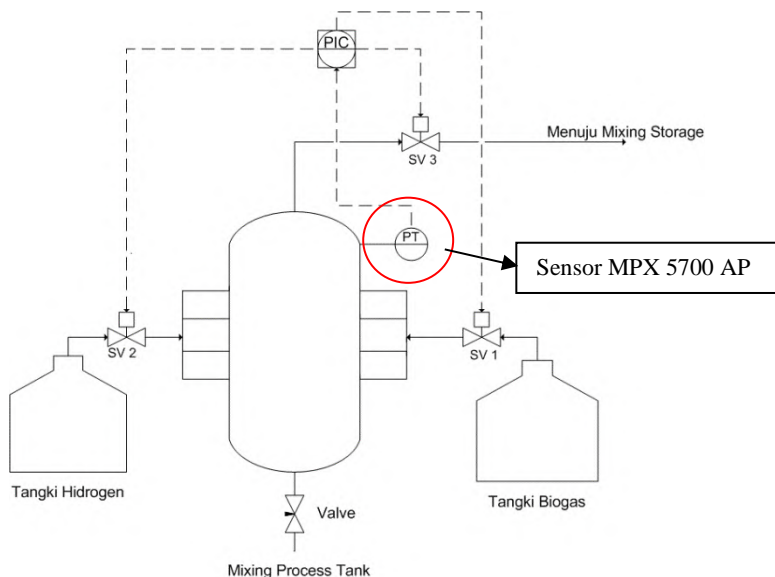
1. Pastikan semua sambungan *wiring* rangkaian telah terpasang dengan benar dan sesuai.
2. Pastikan tidak ada kebocoran pada masing – masing bagian *plant* termasuk tabung dan selang – selangnya.
3. Pastikan pemasangan sensor dilakukan dengan baik dan benar.
4. Pastikan sambungan kabel yang terhubung dengan tegangan AC terhubung dengan benar, sesuai dan pastikan tidak ada kabel yang terkelupas.

5. Pastikan apakah *power supply* untuk kontroler dan bagian – bagian lainnya telah terpasang dan terhubung dengan benar.
6. Hubungkan kabel *power* ke listrik AC PLN
7. Lihat apakah ada sistem yang terjadi *error*. Jika terjadi *error*

BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Pengujian Sensor MPX 5700 AP

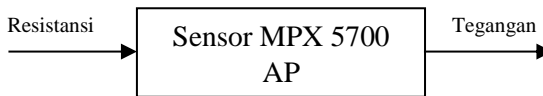
Pada proses pengendalian *pressure* pada *mixing process tank* ini digunakan 1 buah sensor MPX 5700 AP. Sensor ini berguna untuk mengetahui *pressure* yang masuk kedalam *mixing process tank* pada saat proses pencampuran terjadi. *Pressure* yang diukur adalah *pressure* dari gas hidrogen, biogas dan gas campuran.



Gambar 4.1 Penempatan Sensor MPX 5700 AP

Sensor MPX 5700 AP dipasang pada tabung pencampuran di sisi atas samping di sebelah saluran output seperti terlihat pada gambar 4.1. Sensor inilah nantinya yang akan berfungsi untuk mendeteksi berapa *pressure* yang masuk kedalam tabung. Sensor ini terhubung dengan kontroler PIC yang berupa ATmega 16. Sedangkan untuk SV 1, SV 2 dan SV 3 merupakan *solenoid valve* yang masing – masing terhubung dengan tangki biogas, hidrogen dan *mixing storage tank*.

Pada tugas akhir rancang bangun sistem pengendalian *pressure* pada *mixing process tank* antara biogas dengan hidrogen ini telah dilakukan pengujian terhadap sensor MPX 5700 AP. Dalam pelaksanaa pengujian sensor ini, dapat diketahui bahwa masukan dari sensor MPX 5700 AP adalah besaran fisis berupa resistansi. Resistansi ini diperoleh dari *pressure* yang masuk kedalam sensor. Selain itu sensor ini memiliki keluaran berupa tegangan. Gambar 4.2 merupakan diagram blok pada pembacaan sensor MPX 5700 AP.



Gambar 4.2. Diagram Alir Sensor

Berdasarkan diagram blok diatas, dapat diketahui bahwa sensor MPX 5700 AP bekerja dengan cara dikenai *pressure* terlebih dahulu sehingga dapat menimbulkan resistansi tertentu. Berdasarkan dari resistansi ini kemudian diolah oleh sensor sehingga menimbulkan output yang berupa tegangan. Tegangan ini merupakan output yang masih bersifat analog. Untuk mengolah tegangan analog ini agar dapat ditampilkan pada LCD diperlukan mikrokontroler ATmega 16 untuk mengubah analog menjadi digital dengan fungsi ADC (*Analog to Digital Converter*).

Fungsi ADC sendiri dapat ditampilkan dalam LCD dengan menggunakan rumus tertentu agar penunjukkan yang terdapat dalam LCD dapat sesuai dengan yang terdeteksi dalam sensor. Untuk menentukan rumus tersebut digunakan perhitungan interpolasi seperti dibawah ini :

- Perhitungan nilai biner ketika penunjukan sensor 0 psi

$$Y_0 = \frac{V_{terukur} \times Y_{max}}{V_{max}}$$

$$Y_0 = \frac{0,854737 \times 256}{5}$$

$$Y_0 = 43,7625344$$

$$Y_0 = 44$$

Keterangan :

Y_0 = Nilai biner (ADC 8 bit) ketika tidak ada tekanan yang masuk kedalam sensor (dalam keadaan 0 psi)

V_{terukur} = Nilai tegangan yang terukur ketika tidak terdeteksi adanya tekanan yang masuk ke sensor (dalam keadaan 0 psi)

V_{max} = Tegangan terbesar dari sensor (V_{reff})

Y_{max} = Nilai biner maksimal ketika digunakan ADC 8 bit

- Perhitungan Interpolasi

Tabel 4.1 Perhitungan Interpolasi

Tekanan (psi)	Nilai Terbaca (biner)
0 (X_{max})	44 (Y_{max})
X	Y
101,5 (X_{min})	256 (Y_{min})

$$\frac{X_{\text{max}} - X}{X_{\text{max}} - X_{\text{min}}} = \frac{Y_{\text{max}} - Y}{Y_{\text{max}} - Y_{\text{min}}}$$

$$\frac{101,5 - X}{101,5 - 0} = \frac{256 - Y}{256 - 44}$$

$$(101,5 - X) (212) = (256 - Y)(101,5)$$

$$21518 - 212X = 25984 - 101,5Y$$

$$4466 + 212X = 101,5Y$$

$$X = 0,46877Y - 21,066$$

$$X = 0,46877 (Y - 44)$$

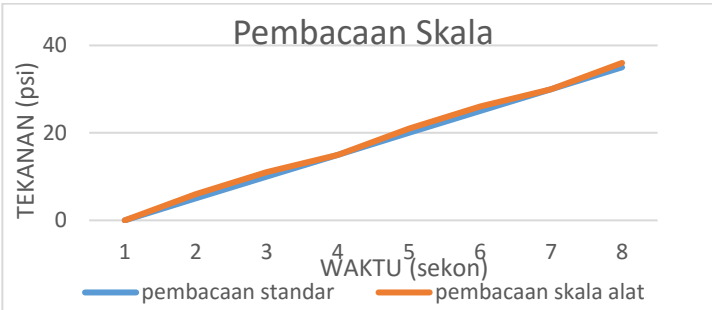
Perhitungan diatas merupakan perhitungan interpolasi yang harus dimasukkan kedalam *listing programme* untuk mengubah data analog penunjukkan tekanan yang terdeteksi dalam sensor menjadi data digital yang dapat ditampilkan dalam LCD. Di dalam *listing programme* rumus diatas menjadi : $pressure = (r_adc - 44.00002) * 0.47877$.

Setelah dilakukan perhitungan interpolasi untuk mengubah dari data analog menjadi data digital yang dapat ditampilkan ke LCD, kemudian dilakukan pengambilan data untuk pengujian pembacaan sensor. Berdasarkan pengambilan data yang dilakukan pada pembacaan skala didapatkan nilai *error* pada masing-masing nilai pembacaan dengan nilai rata-rata *error* -0,625 yang ditunjukkan pada tabel 4.2 berikut ini.

Tabel 4.2 Pembacaan Skala Pada Sensor MPX 5700 AP

No.	Pembacaan Alat	Pembacaan Standar	Koreksi
1	0	0	0
2	5	6	-1
3	10	11	-1
4	15	15	0
5	20	21	-1
6	25	26	-1
7	30	30	0
8	35	36	-1
Jumlah	140	145	-5
Rata-rata	17,5	18,125	-0,625

Berikut merupakan grafik yang menunjukkan hasil pembacaan skala sensor MPX 5700 AP yang ditunjukkan oleh gambar 4.3.



Gambar 4.3. Grafik Pembacaan Skala Pada Sensor MPX5700AP

Dari grafik pembacaan skala pada gambar 4.3 menunjukkan *error* pembacaan sensor MPX 5700 AP pada masing-masing titik atau nilai yang telah ditentukan. Nilai *error* didapatkan dari hasil pengurangan antara nilai pembacaan standar dengan nilai pembacaan alat.

4.2 Kalibrasi Sensor MPX 5700 AP

Pengujian *pressure* pada sensor MPX 5700 AP dilakukan pada range 0 psi – 35 psi dengan menggunakan pembanding alat ukur standart *pressure gauge* dimana dilakukan pengukuran sebanyak 5 kali pengulangan, pada kenaikan tiap 5 psi. Data pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Berikut merupakan perhitungan ketidakpastian alat ukur berdasarkan tabel 4.2.

Tabel 4.3 Data Pembacaan Berulang

NO	Pembacaan Standar (x)	Pembacaan Berulang					Rata-Rata	Koreksi (y)	Standar Deviasi
		1	2	3	4	5			
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,51754917
2	5	6	6	6	6	6	6	-1	
3	10	11	11	11	11	11	11	-1	
4	15	15	15	15	15	15	15	0	
5	20	21	21	21	21	21	21	-1	
6	25	26	26	26	26	26	26	-1	
7	30	30	30	30	30	30	30	0	
8	35	36	36	36	36	36	36	-1	
Jumlah	140						145	-5	
Rata-rata	17,5						18,125	-0,625	

- Nilai Ketidakpastian Tipe A

$$\sigma = \frac{\sqrt{\sum(y_i - \bar{y})^2}}{n-1}$$

Dengan rumus tersebut, maka dapat diperoleh nilai standar deviasi (σ) sebesar 0,51754917. Maka nilai U_{a1} dapat dihitung dengan rumus 4.2 berikut:

$$U_{a1} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

$$U_{a1} = \frac{0,51754917}{\sqrt{8}}$$

$$U_{a1} = 0.182981264$$

Selanjutnya dicari nilai ketidakpastian regresi U_{a2} dengan mencari nilai a, b, dan SSR.

$$b = \frac{n\sum x_i y_i + \sum x_i \sum y_i}{n(\sum x_i^2) + (\sum x_i)^2}$$

$$b = \frac{(8 \times (-95)) + ((140) \times (-5))}{8 \times (3500) + (140)^2}$$

$$b = -0,007142857$$

$$a = Y - bx$$

$$a = -0,625 - ((17,5) \times (-0,007142857))$$

$$a = -0,5$$

$$SSR = \sum (y_i - a - bx_i)^2$$

$$SSR = 1,821428571$$

Dimana :

SSR (*Sum Square Residual*) = $\sum SR$ (*Square Residual*)

$SR = R^2$ (*Residu*)

Sehingga diperoleh nilai U_{a2} sebagai berikut:

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{SSR}{n}}$$

$$U_{a2} = \sqrt{\frac{1,821428571}{8}}$$

$$Ua_2 = 0,550973165$$

- Nilai Ketidakpastian Tipe B

Pada ketidakpastian tipe B ini terdapat 2 parameter ketidakpastian, yaitu ketidakpastian Resolusi (Ub_1) dan ketidakpastian alat standar tachometer (Ub_1). Berikut ini adalah perhitungan ketidakpastian tipe B :

$$Ub_1 = \frac{0,5 \text{ Resolusi}}{\sqrt{3}}$$

$$Ub_1 = \frac{0,5 (0,01)}{\sqrt{3}}$$

$$Ub_1 = 0,00289$$

dikarenakan pada alat standar tidak terdapat sertifikat kalibrasinya maka untuk perhitungan Ub_2 seperti dibawah ini :

$$Ub_2 = \frac{2\% \times \text{max pembacaan standar}}{2}$$

$$Ub_2 = \frac{2\% \times 35}{2}$$

$$Ub_2 = 0,35$$

- Nilai ketidakpastian kombinasi U_c

$$U_c = \sqrt{[\sum_{i=1}^N c_i u(x_i)]^2}$$

$$U_c = \sqrt{0,163663418^2 + 0,550973165^2 + 0,00289^2 + 0,35^2}$$

$$U_c = 0,672952804$$

- Derajat Kebebasan

Dengan nilai $v_i = n - 1$ maka $v_1 = 7$; $v_2 = 7$; $v_3 = \infty$; $v_4 = 60$ (dari tabel T- Student). Sehingga nilai derajat kebebasan dapat dihitung dengan rumus :

$$V_{eff} = \frac{U_c^4}{\sum_{i=1}^n \frac{U_i^4(y)}{v_i}}$$

$$V_{eff} = \frac{0,672952804^4}{\sum_1^{13} \left[\frac{0,16366341^4}{7} + \frac{0,5509731651^4}{7} + \frac{0,00289^4}{\infty} + \frac{0,35^4}{60} \right]}$$

$$V_{eff} = 15$$

- Faktor Cakupan (k)
Faktor Cakupan (k) dapat dicari melalui table *T-student*. Dengan nilai V_{eff} sebesar 15 maka dapat langsung ditentukan dengan menggunakan tabel *T-student* dengan hasil sebagai berikut :
 $k = 2,13$
- Ketidakpastian Diperluas
 $U_{exp} = U_c \times k$
 $U_{exp} = 0,672952804 \times 2,13$
 $U_{exp} = 1,433895$
 $\% U_{exp} = 0,00015 \%$

Tabel 4.4 Perhitungan Kalibrasi Sensor MPX 5700 AP

No.	x^2	$x_i y_i$	Y_{reg}	Residu (R)	SSR = R^2
1	0	0	-0.5	0.5	0.25
2	25	-5	-0.53571	-0.46429	0.215561224
3	100	-10	-0.57143	-0.42857	0.183673469
4	225	0	-0.60714	0.607143	0.368622449
5	400	-20	-0.64286	-0.35714	0.12755102
6	625	-25	-0.67857	-0.32143	0.103316327
7	900	0	-0.71429	0.714286	0.510204082
8	1225	-35	-0.75	-0.25	0.0625
Jumlah	3500	-95			1.821428571
Rata2	437.5	-21.1111			

4.3 Pengujian Sistem dan Respon Sistem

Pada pengujian sistem kontrol *pressure* ini dilakukan dengan cara memberikan sinyal input yang berupa *process variable* (PV) dimana pengendalian *pressure* ini merupakan pengendalian yang berbasis rasio dengan mode *on/off*. *Set point* PV ditentukan dari pengujian sensor MPX 5700 AP dan keadaan dari tangki pencampuran dan aktuatur. Dengan melihat keadaan tangki dan aktuatur yang hanya bisa diberikan *pressure* tidak lebih dari 30 psi. Akan tetapi untuk tujuan *safety*, *pressure* yang digunakan tidak lebih dari 22 psi. Maka dengan melihat fakta tersebut, perbandingan rasio yang dapat diberikan ketika 80% biogas banding 20% hidrogen adalah 18 psi untuk biogas dan 4 psi untuk hidrogen. Sedangkan perbandingan rasio yang dapat diberikan ketika 70% biogas banding 30% hidrogen adalah 15 psi untuk biogas dan 7 psi untuk hidrogen. Sedangkan untuk keamanan agar *pressure* tidak kembali ke tabung sebelumnya ketika sistem berjalan, diberikan tekanan minimal 12 psi saat sistem berjalan terus secara kontinu. Tekanan – tekanan tersebut akan menjadi *set point* dari *plant* yang menggunakan mikrokontroler ATmega 16.

Tabel 4.5 Data Pengujian Sistem

Pembacaan Sensor	Saklar 1	Saklar 2	Aktuator		
			SV 1	SV 2	SV 3
0 psi	ON	OFF	OFF	ON	OFF
0 psi	OFF	ON	OFF	ON	OFF
12 psi	ON	OFF	OFF	ON	OFF
12 psi	OFF	ON	OFF	ON	OFF
15 psi	ON	OFF	ON	OFF	OFF
18 psi	OFF	ON	ON	OFF	OFF
22 psi	ON	OFF	OFF	OFF	ON
22 psi	OFF	ON	OFF	OFF	ON

Keterangan :

Saklar 1 = Untuk perbandingan 15 : 7

Saklar 2 = Untuk perbandingan 18 : 4

- SV 1 = *Solenoid Valve* penghubung Hidrogen dengan tabung pencampur
- SV 2 = *Solenoid Valve* penghubung Biogas dengan tabung pencampur
- SV 1 = *Solenoid Valve* penghubung tabung pencampur dengan tabung penyimpanan.

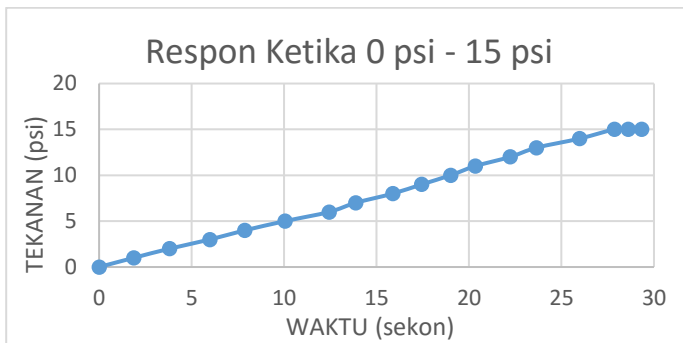
Pada tabel 4.3 dapat diketahui bahwa saklar 1 akan mengaktifkan kondisi rasio 15 : 7 yang akan menggerakkan aktuator ketika kondisi tekanan awal adalah 0 psi dan akan menggerakkan SV 2 untuk membuka dan menutup ketika kondisi tekanan sudah mencapai 15 psi sekaligus akan membuka SV 1. Untuk menutup SV 1 diperlukan tekanan 22 psi yang sekaligus akan mengaktifkan SV 3 untuk menyalurkan gas ke tabung selanjutnya. Sedangkan untuk saklar 2 akan mengaktifkan kondisi rasio 18 : 4 yang akan menggerakkan aktuator ketika kondisi tekanan awal adalah 0 psi dan akan menggerakkan SV 2 untuk membuka dan menutup ketika kondisi tekanan sudah mencapai 18 psi sekaligus akan membuka SV 1. Untuk menutup SV 1 diperlukan tekanan 22 psi yang sekaligus akan mengaktifkan SV 3 untuk menyalurkan gas ke tabung selanjutnya. Gas tidak akan disalurkan keseluruhan ke tabung selanjutnya, ini dikarenakan oleh tekanan akan kembali ke tabung sebelumnya jika tabung selanjutnya tekanannya lebih tinggi dari tabung sebelumnya. Maka dari itu, diberikan tekanan 12 psi sebagai *set point* bawah ketika dilakukan *looping* program.

Untuk memperoleh kondisi diatas, diperlukan respon sistem yang sesuai dengan kondisi pengendalian. Respon sistem ini dapat berupa pencapaian *set point* tekanan pada waktu tertentu. Respon sistem ini dapat diketahui seperti di bawah ini

4.3.1 Respon Sistem Ketika Saklar 1 dalam kondisi ON

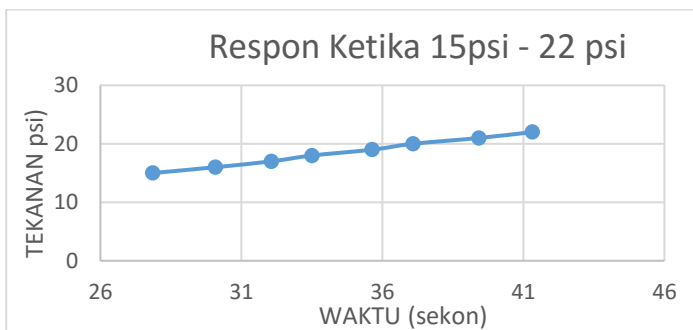
Dalam kondisi saklar 1 ON dan *pressure* masih dalam kondisi 0 psi maka akan mengaktifkan SV 1 yang menghubungkan antara tabung penyimpanan biogas dengan tabung pencampuran sedangkan ketika penunjukkan LCD 15 psi maka akan mematikan

SV 1 dan berganti SV 2 yang menyala dan menyalurkan gas hidrogen dari tabung penyimpanan ke tabung pencampuran. Sedangkan ketika tekanan menunjukkan angka 22 psi, maka akan mengaktifkan SV 3 yang menyalurkan gas campuran menuju tabung penyimpanan. Gambar 4.4, gambar 4.5, dan gambar 4.6 ini menunjukkan respon tekanan terhadap waktu yang ditempuh untuk menuju *set point* yang diberikan.



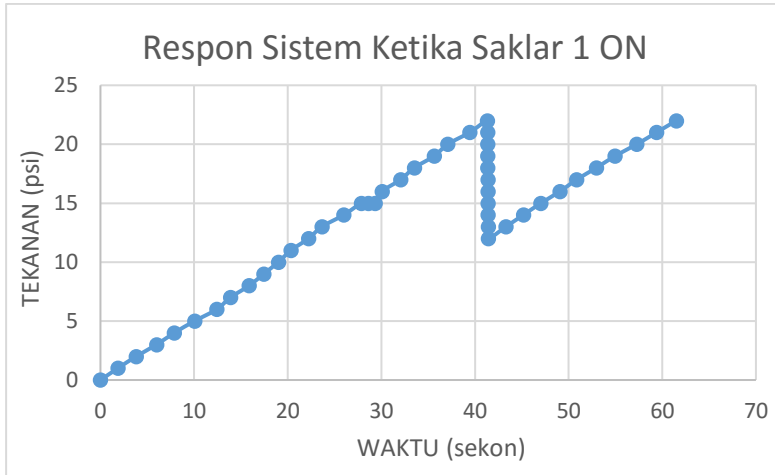
Gambar 4.4 Grafik Respon Sistem dari 0 psi menuju 15 psi

Berdasarkan grafik pada gambar 4.4 dapat diketahui bahwa sistem membutuhkan waktu untuk mencapai kondisi *steady state* pertama (*rise time*) selama 27,86 detik. Sedangkan untuk waktu yang dibutuhkan pada kondisi *steady state* (*settling time*) selama 31,6 detik.



Gambar 4.5 Grafik Respon Sistem dari 15 psi menuju 22 psi

Berdasarkan grafik pada gambar 4.5 dapat diketahui bahwa sistem membutuhkan waktu untuk mencapai kondisi *set point* dari 15 psi menuju 22 psi selama 13,46 detik.



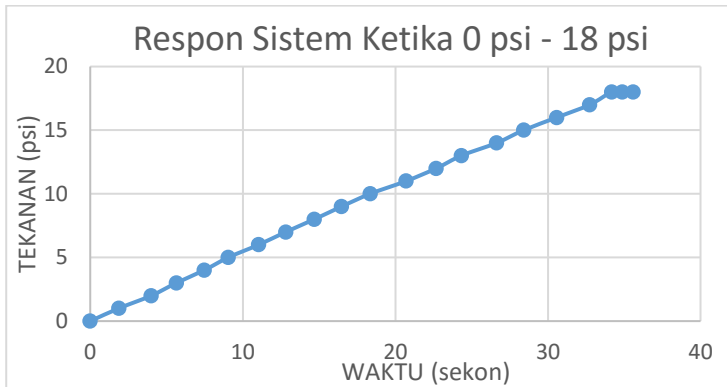
Gambar 4.6 Grafik Respon Sistem Saklar 1 ON

Berdasarkan gambar 4.6 dapat diketahui bahwa ketika saklar 1 ON, sistem membutuhkan waktu total selama 41,36 detik dan waktu ketika 22 psi turun ke 12 psi membutuhkan waktu yang sangat singkat hanya selama 0,097 detik serta kembali naik dari 12 psi menuju 22 psi dengan waktu 20,08 detik. Dengan melihat respon sistem ini, dapat dikatakan bahwa sistem dapat merespon dengan cepat.

4.3.2 Respon Sistem Ketika Saklar 2 dalam kondisi ON

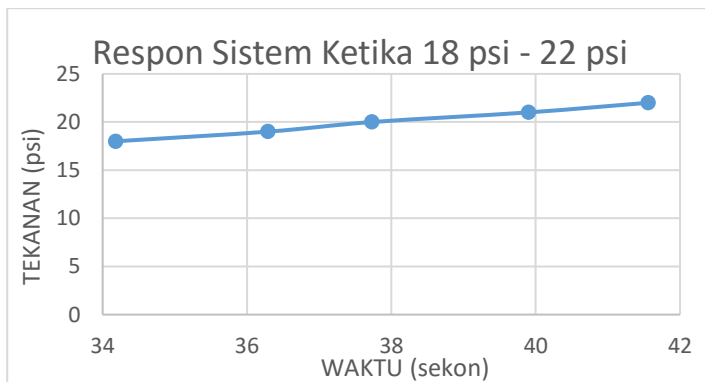
Dalam kondisi saklar 2 ON dan *pressure* masih dalam kondisi 0 psi maka akan mengaktifkan SV 1 yang menghubungkan antara tabung penyimpanan biogas dengan tabung pencampuran sedangkan ketika penunjukkan LCD 18 psi maka akan mematikan SV 1 dan berganti SV 2 yang menyala dan menyalurkan gas hidrogen dari tabung penyimpanan ke tabung pencampuran. Sedangkan ketika tekanan menunjukkan angka 22 psi, maka akan

mengaktifkan SV 3 yang menyalurkan gas campuran menuju tabung penyimpanan. Gambar 4.7, gambar 4.8, dan gambar 4.9 ini menunjukkan respon tekanan terhadap waktu yang ditempuh untuk menuju *set point* yang diberikan.



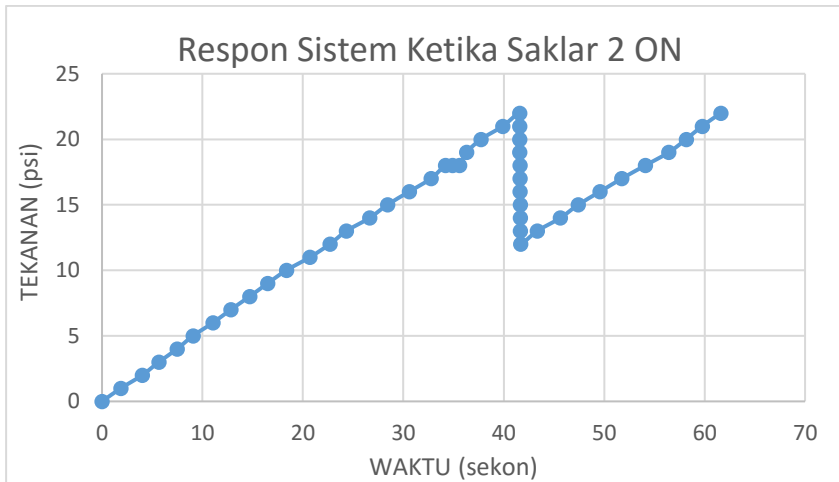
Gambar 4.7 Grafik Respon Sistem dari 0 psi menuju 18 psi

Berdasarkan grafik pada gambar 4.4 dapat diketahui bahwa sistem membutuhkan waktu untuk mencapai kondisi *steady state* pertama (*rise time*) selama 34,18 detik. Sedangkan untuk waktu yang dibutuhkan pada kondisi *steady state* (*settling time*) selama 35,58 detik.



Gambar 4.8 Grafik Respon Sistem dari 18 psi menuju 22 psi

Berdasarkan grafik pada gambar 4.5 dapat diketahui bahwa sistem membutuhkan waktu untuk mencapai kondisi *set point* dari 18 psi menuju 22 psi selama 7,38 detik.



Gambar 4.9 Grafik Respon Sistem Saklar 2 ON

Berdasarkan gambar 4.9 dapat diketahui bahwa ketika saklar 2 ON, sistem membutuhkan waktu total selama 41,56 detik dan waktu ketika 22 psi turun ke 12 psi membutuhkan waktu yang sangat singkat hanya selama 0,095 detik serta kembali naik dari 12 psi menuju 22 psi dengan waktu 19,96 detik. Dengan melihat respon sistem ini, dapat dikatakan bahwa sistem dapat merespon dengan cepat.

4.4 Hubungan antara Tekanan dan Volume yang Masuk kedalam Tabung

Di dalam plan *mixing process tank* ini, dibutuhkan gas bertekanan yang masuk ke dalam tabung. Menurut hukum Boyle, tekanan dan volume gas yang ada pada suatu wadah tertentu dengan suhu konstan berbanding terbalik. Seperti contohnya yang telah disebutkan dalam bab 3 bahwa jika volume gas diubah menjadi setengahnya, maka tekanan gas menjadi dua kali lipat

sedangkan jika volume gas dua kali lipat, tekanan gas akan menjadi setengahnya. Hal ini dibuktikan melalui persamaan dari hukum boyle yaitu $P_1 \times V_1 = P_2 \times V_2$ dan persamaan ini menyebutkan bahwa tekanan dan volume pada wadah tertentu dengan suhu tetap akan berbanding terbalik. Selain itu hubungan antara tekanan dan volume juga dapat diketahui dari persamaan gas ideal yang menyatakan $PV = nRT$. Persamaan ini menyebutkan bahwa tekanan akan berbanding terbalik terhadap volume. Jadi hubungan antara volume dan tekanan dalam plant tugas akhir mengenai *mixing process tank* yang bertujuan untuk mencampur dua gas yang berbeda ini adalah berbanding terbalik yang telah dibuktikan melalui hukum boyle dan melalui persamaan gas ideal. Hal ini akan menjadi acuan untuk melakukan penentuan tekanan yang dibutuhkan pada volume tabung tertentu.

(HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN)

LAMPIRAN A

LISTING PROGRAM

```
/******  
*
```

This program was produced by the
CodeWizardAVR V2.05.0 Evaluation
Automatic Program Generator
© Copyright 1998-2010 Pavel Haiduc, HP InfoTech s.r.l.
<http://www.hpinfotech.com>

Project :
Version :
Date : 6/24/2016
Author : Freeware, for evaluation and non-commercial use only
Company :
Comments:

Chip type : ATmega16
Program type : Application
AVR Core Clock frequency: 12.000000 MHz
Memory model : Small
External RAM size : 0
Data Stack size : 256

```
*****
```

```
/
```

```
#include <mega16.h>  
#include <stdio.h>  
#include <stdlib.h>  
#include <delay.h>
```

```
// Alphanumeric LCD Module functions  
#include <alcd.h>
```



```

#define ADC_VREF_TYPE 0x20

// Read the 8 most significant bits
// of the AD conversion result
unsigned char read_adc(unsigned char adc_input)
{
    ADMUX=adc_input | (ADC_VREF_TYPE & 0xff);
    // Delay needed for the stabilization of the ADC input voltage
    delay_us(10);
    // Start the AD conversion
    ADCSRA|=0x40;
    // Wait for the AD conversion to complete
    while ((ADCSRA & 0x10)==0);
    ADCSRA|=0x10;
    return ADCH;
}

// Declare your global variables here
char mpx[33];
int r_adc, pressure;
void main(void)
{
    // Declare your local variables here

    // Input/Output Ports initialization
    // Port A initialization
    // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In
    Func1=In Func0=In
    // State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T
    State1=T State0=T
    PORTA=0x00;
    DDRA=0x00;

    // Port B initialization
    // Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=Out
    Func1=Out Func0=Out

```

```
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=1  
State1=1 State0=1  
PORTB=0x07;  
DDRB=0x07;
```

```
// Port C initialization  
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In  
Func1=In Func0=In  
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T  
State1=T State0=T  
PORTC=0x00;  
DDRC=0x00;
```

```
// Port D initialization  
// Func7=In Func6=In Func5=In Func4=In Func3=In Func2=In  
Func1=In Func0=In  
// State7=T State6=T State5=T State4=T State3=T State2=T  
State1=T State0=T  
PORTD=0x00;  
DDRD=0x00;
```

```
// Timer/Counter 0 initialization  
// Clock source: System Clock  
// Clock value: Timer 0 Stopped  
// Mode: Normal top=0xFF  
// OC0 output: Disconnected  
TCCR0=0x00;  
TCNT0=0x00;  
OCR0=0x00;
```

```
// Timer/Counter 1 initialization  
// Clock source: System Clock  
// Clock value: Timer1 Stopped  
// Mode: Normal top=0xFFFF  
// OC1A output: Discon.  
// OC1B output: Discon.
```

```
// Noise Canceler: Off
// Input Capture on Falling Edge
// Timer1 Overflow Interrupt: Off
// Input Capture Interrupt: Off
// Compare A Match Interrupt: Off
// Compare B Match Interrupt: Off
TCCR1A=0x00;
TCCR1B=0x00;
TCNT1H=0x00;
TCNT1L=0x00;
ICR1H=0x00;
ICR1L=0x00;
OCR1AH=0x00;
OCR1AL=0x00;
OCR1BH=0x00;
OCR1BL=0x00;

// Timer/Counter 2 initialization
// Clock source: System Clock
// Clock value: Timer2 Stopped
// Mode: Normal top=0xFF
// OC2 output: Disconnected
ASSR=0x00;
TCCR2=0x00;
TCNT2=0x00;
OCR2=0x00;

// External Interrupt(s) initialization
// INT0: Off
// INT1: Off
// INT2: Off
MCUCR=0x00;
MCUCSR=0x00;

// Timer(s)/Counter(s) Interrupt(s) initialization
TIMSK=0x00;
```

```
// USART initialization
// USART disabled
UCSRB=0x00;

// Analog Comparator initialization
// Analog Comparator: Off
// Analog Comparator Input Capture by Timer/Counter 1: Off
ACSR=0x80;
SFIOR=0x00;

// ADC initialization
// ADC Clock frequency: 750.000 kHz
// ADC Voltage Reference: AREF pin
// ADC Auto Trigger Source: ADC Stopped
// Only the 8 most significant bits of
// the AD conversion result are used
ADMUX=ADC_VREF_TYPE & 0xff;
ADCSRA=0x84;

// SPI initialization
// SPI disabled
SPCR=0x00;

// TWI initialization
// TWI disabled
TWCR=0x00;

// Alphanumeric LCD initialization
// Connections specified in the
// Project|Configure|C Compiler|Libraries|Alphanumeric LCD
menu:
// RS - PORTC Bit 0
// RD - PORTC Bit 1
// EN - PORTC Bit 2
// D4 - PORTC Bit 4
```

```

// D5 - PORTC Bit 5
// D6 - PORTC Bit 6
// D7 - PORTC Bit 7
// Characters/line: 16
lcd_init(16);

while (1)
{
    // Place your code here
    lcd_clear();
    r_adc=read_adc(0);
    pressure =(r_adc-44.00002)*0.47877;
    sprintf(mpx,"P = %i Psi",pressure);
    lcd_gotoxy(2,0);
    lcd_puts(mpx);
    delay_ms(50);

    //PORTB.0 = relay 1
    //PORTB.1 = relay 2
    //PORTB.2 = relay 3
    //PIND.0 = saklar 1
    //PIND.1 = saklar 2

    if ((pressure <= 0.001)&&(PIND.0 == 0)|| (pressure <=
0.001)&&(PIND.1 == 0))
    {
        PORTB.0 = 0xFF;
        PORTB.1 = 0x00;
        PORTB.2 = 0xFF;
    }
    if ((pressure <= 12)&&(PIND.0 == 0)|| (pressure <=
12)&&(PIND.1 == 0))
    {
        PORTB.0 = 0xFF;
        PORTB.1 = 0x00;
        PORTB.2 = 0xFF;
    }
}

```

```

    }
    if ((pressure >= 18 && pressure <= 18.001)&&(PIND.0 ==
0)||((pressure >= 15 && pressure <= 15.001)&&(PIND.1 ==
0))
    {
PORTB.0 = 0x00;
    }
    if ((pressure >= 22 && pressure <= 22.001)&&(PIND.0 ==
0)||((pressure >= 22 && pressure <= 22.001)&&(PIND.1 ==
0))
    {
PORTB.0 = 0x00;
PORTB.1 = 0xFF;
PORTB.2 = 0x00;
    }
    }
}

```

LAMPIRAN B

DATASHEET MPX5700AP

Freescale Semiconductor
Technical Data

MPX5700
Rev 8, 01/2007

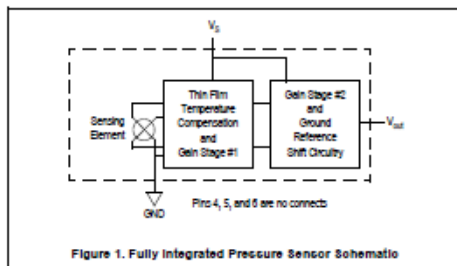
Integrated Silicon Pressure Sensor On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated

The MPX5700 series piezoresistive transducer is a state-of-the-art monolithic silicon pressure sensor designed for a wide range of applications, but particularly those employing a microcontroller or microprocessor with A/D inputs. This patented, single element transducer combines advanced micromachining techniques, thin-film metallization, and bipolar processing to provide an accurate, high level analog output signal that is proportional to the applied pressure.

Features

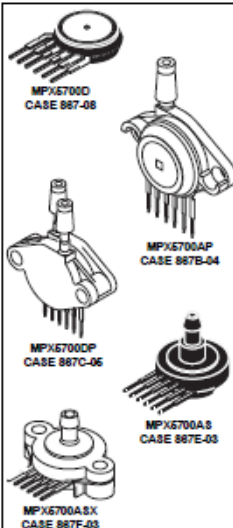
- 2.5% Maximum Error over 0° to 85°C
- Ideally Suited for Microprocessor or Microcontroller-Based Systems
- Available in Absolute, Differential and Gauge Configurations
- Patented Silicon Shear Stress Strain Gauge
- Durable Epoxy Unibody Element

ORDERING INFORMATION				
Device Type	Options	Case Type	MPX Series	
			Order Number	Device Marking
Basic Element	Differential	867	MPX5700D	MPX5700D
	Absolute	867	MPX5700A	MPX5700A
Ported Elements	Differential Dual Ports	867C	MPX5700DP	MPX5700DP
	Gauge	867B	MPX5700GP	MPX5700GP
	Gauge, Axial	867E	MPX5700GS	MPX5700D
	Absolute	867B	MPX5700AP	MPX5700AP
	Absolute, Axial	867E	MPX5700AS	MPX5700A
	Absolute, Axial PG Mount	867F	MPX5700ASX	MPX5700A



MPX5700 SERIES

INTEGRATED
PRESSURE SENSOR
0 to 700 kPa (0 to 101.6 psi)
15 to 700 kPa (2.18 to 101.6 psi)
0.2 to 4.7 V OUTPUT



PIN NUMBERS

1	V_{DD}	4	N/C
2	GND	5	N/C
3	V_O	6	N/C

NOTE: Pins 4, 5, and 6 are internal device connections. Do not connect to external circuitry or ground. Pin 1 is noted by the notch in the lead.

Table 1. Maximum Ratings⁽¹⁾

Parameter	Symbol	Value	Unit
Maximum Pressure ⁽²⁾ (P2 ± 1 Atmosphere)	P1 _{max}	2800	kPa
Storage Temperature	T _{stg}	-40 to +125	°C
Operating Temperature	T _A	-40 to +125	°C

- Maximum Ratings apply to Case 867 only. Extended exposure at the specified limits may cause permanent damage or degradation to the device.
- This sensor is designed for applications where P1 is always greater than, or equal to P2. P2 maximum is 500 kPa.

Table 2. Operating Characteristics (V_S = 5.0 Vdc, T_A = 25°C unless otherwise noted, P1 > P2. Decoupling circuit shown in Figure 4 required to meet electrical specifications.)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Pressure Range ⁽¹⁾ Gauge, Differential: MPX5700D Absolute: MPX5700A	P _{OP}	0 15	—	700 700	kPa
Supply Voltage ⁽²⁾	V _S	4.75	5.0	5.25	Vdc
Supply Current	I _O	—	7.0	10	mAdc
Zero Pressure Offset ⁽³⁾ Gauge, Differential (0 to 85°C) Absolute (0 to 85°C)	V _{off}	0.088 0.184	0.2	0.313 0.409	Vdc
Full Scale Output ⁽⁴⁾ (0 to 85°C)	V _{FSO}	4.587	4.7	4.813	Vdc
Full Scale Span ⁽⁵⁾ (0 to 85°C)	V _{FS}	—	4.5	—	Vdc
Accuracy ⁽⁶⁾ (0 to 85°C)	—	—	—	±2.5	%V _{FS}
Sensitivity	V/P	—	6.4	—	mV/kPa
Response Time ⁽⁷⁾	t _R	—	1.0	—	ms
Output Source Current at Full Scale Output	I _{OP}	—	0.1	—	mAdc
Warm-Up Time ⁽⁸⁾	—	—	20	—	ms

- 1.0 kPa (kilopascal) equals 0.145 psi.
- Device is ratiometric within this specified excitation range.
- Offset (V_{off}) is defined as the output voltage at the minimum rated pressure.
- Full Scale Output (V_{FSO}) is defined as the output voltage at the maximum or full rated pressure.
- Full Scale Span (V_{FS}) is defined as the algebraic difference between the output voltage at full rated pressure and the output voltage at the minimum rated pressure.
- Accuracy (error budget) consists of the following:
 - Linearity: Output deviation from a straight line relationship with pressure over the specified pressure range.
 - Temperature Hysteresis: Output deviation at any temperature within the operating temperature range, after the temperature is cycled to and from the minimum or maximum operating temperature points, with zero differential pressure applied.
 - Pressure Hysteresis: Output deviation at any pressure within the specified range, when this pressure is cycled to and from the minimum or maximum rated pressure, at 25°C.
 - TcSpan: Output deviation over the temperature range of 0° to 85°C, relative to 25°C.
 - TcOffset: Output deviation with minimum rated pressure applied, over the temperature range of 0° to 85°C, relative to 25°C.
 - Variation from Nominal: The variation from nominal values, for Offset or Full Scale Span, as a percent of V_{FS}, at 25°C.
- Response Time is defined as the time for the incremental change in the output to go from 10% to 90% of its final value when subjected to a specified step change in pressure.
- Warm-up Time is defined as the time required for the device to meet the specified output voltage after the pressure has been stabilized.

Table 3. Mechanical Characteristics

Characteristic	Typ	Unit
Weight, Basic Element (Case 867)	4.0	grams

ON-CHIP TEMPERATURE COMPENSATION, CALIBRATION AND SIGNAL CONDITIONING

Figure 3 illustrates both the Differential/Gauge and the Absolute Sensing Chip in the basic chip carrier (Case 867). A fluorosilicone gel isolates the die surface and wire bonds from the environment, while allowing the pressure signal to be transmitted to the sensor diaphragm. (For use of the MPX5700D in a high-pressure cyclic application, consult the factory.)

The MPX5700 series pressure sensor operating characteristics, and internal reliability and qualification tests are based on use of dry air as the pressure media. Media, other than dry air, may have adverse effects on sensor

performance and long-term reliability. Contact the factory for information regarding media compatibility in your application.

Figure 2 shows the sensor output signal relative to pressure input. Typical, minimum, and maximum output curves are shown for operation over a temperature range of 0° to 85°C using the decoupling circuit shown in Figure 4. The output will saturate outside of the specified pressure range.

Figure 4 shows the recommended decoupling circuit for interfacing the output of the integrated sensor to the A/D input of a microprocessor or microcontroller. Proper decoupling of the power supply is recommended.

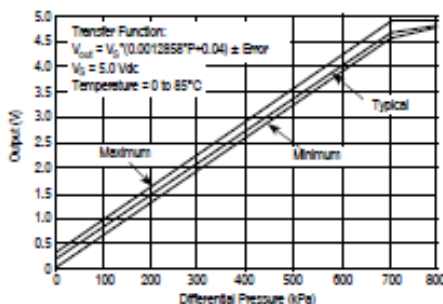


Figure 2. Output versus Pressure Differential

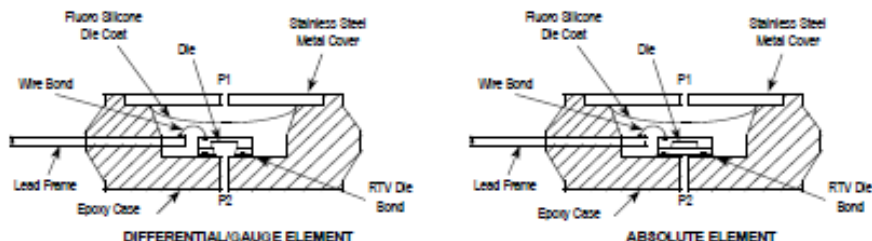


Figure 3. Cross-Sectional Diagrams (not to scale)

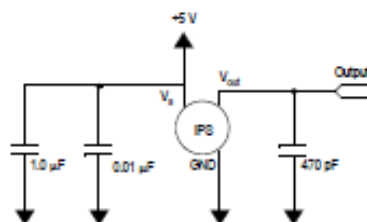


Figure 4. Recommended Power Supply Decoupling and Output Filtering
(For additional output filtering, please refer to Application Note AN1648)

PRESSURE (P1)/VACUUM (P2) SIDE IDENTIFICATION TABLE

Freescale designates the two sides of the pressure sensor as the Pressure (P1) side and the Vacuum (P2) side. The Pressure (P1) side is the side containing fluoro silicone gel which protects the die from harsh media. The Freescale MPX

pressure sensor is designed to operate with positive differential pressure applied, $P1 > P2$.

The Pressure (P1) side may be identified by using the table below:

Part Number	Case Type	Pressure (P1) Side Identifier
MPX5700D, MPX5700A	867	Stainless Steel Cap
MPX5700DP	867C	Side with Part Marking
MPX5700GP, MPX5700AP	867B	Side with Port Attached
MPX5700GS, MPX5700AS	867E	Side with Port Attached
MPX5700ASX	867F	Side with Port Attached

Technical drawing of a 6-pin connector. The drawing includes a side view on the left and a top view on the right. Key dimensions and features are labeled:

- SEATING PLANE:** Indicated by a 'T' in a box.
- PIN 1:** Indicated by a 'P' in a box.
- Dimensions (inches / millimeters):**
 - Overall width: 29.85 / 29.08
 - Pin pitch: 2.54
 - Pin diameter: $\phi 0.25$ / 6.35
 - Pin length: 11.18 / 10.67
 - Pin 1 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 1 length: 18.16 / 17.4
 - Pin 2 diameter: $\phi 4.93$ / 4.62
 - Pin 2 length: 7.62 / 7.37
 - Pin 3 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 3 length: 18.42 / 17.65
 - Pin 4 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 4 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 5 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 5 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 6 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 6 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 7 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 7 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 8 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 8 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 9 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 9 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 10 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 10 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 11 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 11 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 12 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 12 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 13 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 13 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 14 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 14 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 15 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 15 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 16 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 16 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 17 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 17 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 18 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 18 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 19 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 19 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 20 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 20 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 21 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 21 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 22 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 22 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 23 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 23 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 24 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 24 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 25 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 25 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 26 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 26 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 27 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 27 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 28 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 28 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 29 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 29 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 30 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 30 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 31 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 31 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 32 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 32 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 33 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 33 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 34 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 34 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 35 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 35 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 36 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 36 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 37 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 37 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 38 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 38 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 39 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 39 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 40 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 40 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 41 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 41 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 42 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 42 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 43 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 43 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 44 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 44 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 45 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 45 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 46 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 46 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 47 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 47 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 48 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 48 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 49 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 49 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 50 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 50 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 51 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 51 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 52 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 52 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 53 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 53 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 54 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 54 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 55 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 55 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 56 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 56 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 57 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 57 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 58 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 58 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 59 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 59 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 60 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 60 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 61 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 61 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 62 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 62 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 63 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 63 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 64 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 64 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 65 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 65 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 66 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 66 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 67 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 67 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 68 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 68 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 69 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 69 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 70 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 70 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 71 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 71 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 72 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 72 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 73 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 73 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 74 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 74 length: 6.1 / 5.59
 - Pin 75 diameter: $\phi 4.04$ / 3.89
 - Pin 75 length: 6.1 / 5

© FREESCALE SEMICONDUCTOR, INC. ALL RIGHTS RESERVED.		MECHANICAL OUTLINE		PRINT VERSION NOT TO SCALE	
TITLE: SENSOR, 6 LEAD UNIBODY CELL, AP & GP 01ASB09087B		DOCUMENT NO: 98ASB42795B		REV: G	
		CASE NUMBER: 967B-04		28 JUL 2005	
		STANDARD: NON-JEDEC			

CASE 867B-04
ISSUE G
PRESSURE SIDE PORTED (AP, GP)

LAMPIRAN C

DATASHEET ATMEGA 16

Features

- High-performance, Low-power AVR® 8-bit Microcontroller
- Advanced RISC Architecture
 - 131 Powerful Instructions – Most Single-clock Cycle Execution
 - 32 x 8 General Purpose Working Registers
 - Fully Static Operation
 - Up to 16 MIPS Throughput at 16 MHz
 - On-chip 2-cycle Multiplier
- Nonvolatile Program and Data Memories
 - 16K Bytes of In-System Self-Programmable Flash
 - Endurance: 10,000 Write/Erase Cycles
 - Optional Boot Code Section with Independent Lock Bits
 - In-System Programming by On-chip Boot Program
 - True Read-While-Write Operation
 - 512 Bytes EEPROM
 - Endurance: 100,000 Write/Erase Cycles
 - 1K Byte Internal SRAM
 - Programming Lock for Software Security
- JTAG (IEEE std. 1149.1 Compliant) Interface
 - Boundary-scan Capabilities According to the JTAG Standard
 - Extensive On-chip Debug Support
 - Programming of Flash, EEPROM, Fuses, and Lock Bits through the JTAG Interface
- Peripheral Features
 - Two 8-bit Timer/Counters with Separate Prescalers and Compare Modes
 - One 16-bit Timer/Counter with Separate Prescaler, Compare Mode, and Capture Mode
 - Real Time Counter with Separate Oscillator
 - Four PWM Channels
 - 8-channel, 10-bit ADC
 - 8 Single-ended Channels
 - 7 Differential Channels in TQFP Package Only
 - 2 Differential Channels with Programmable Gain at 1x, 10x, or 200x
 - Byte-oriented Two-wire Serial Interface
 - Programmable Serial USART
 - Master/Slave SPI Serial Interface
 - Programmable Watchdog Timer with Separate On-chip Oscillator
 - On-chip Analog Comparator
- Special Microcontroller Features
 - Power-on Reset and Programmable Brown-out Detection
 - Internal Calibrated RC Oscillator
 - External and Internal Interrupt Sources
 - Six Sleep Modes: Idle, ADC Noise Reduction, Power-save, Power-down, Standby and Extended Standby
- I/O and Packages
 - 32 Programmable I/O Lines
 - 40-pin PDIP, 44-lead TQFP, and 44-pad MLF
- Operating Voltages
 - 2.7 - 5.5V for ATmega16L
 - 4.5 - 5.5V for ATmega16
- Speed Grades
 - 0 - 8 MHz for ATmega16L
 - 0 - 16 MHz for ATmega16
- Power Consumption @ 1 MHz, 3V, and 25°C for ATmega16L
 - Active: 1.1 mA
 - Idle Mode: 0.35 mA
 - Power-down Mode: < 1 µA



8-bit AVR®
Microcontroller
with 16K Bytes
In-System
Programmable
Flash

ATmega16
ATmega16L

Summary

2486HS-AVR-12/03

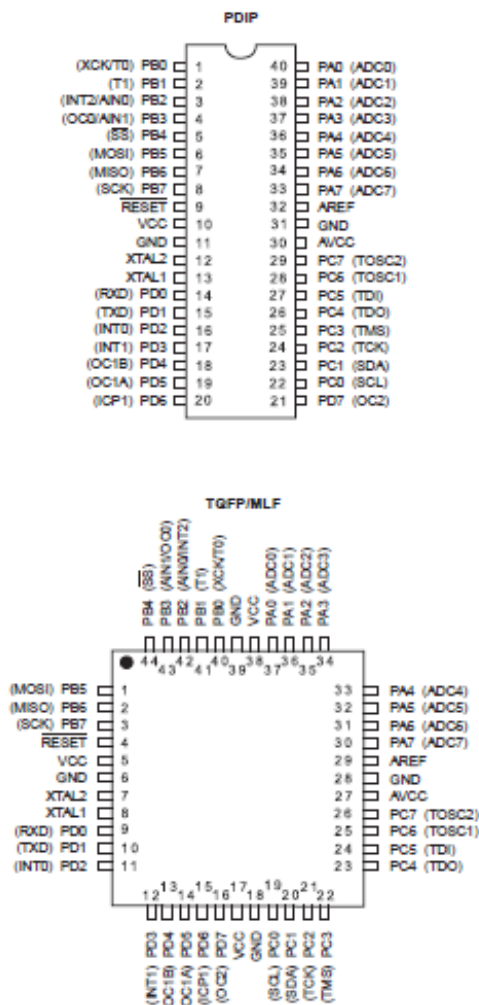


Note: This is a summary document. A complete document is available on our Web site at www.atmel.com.



Pin Configurations

Figure 1. Pinouts ATmega16



Disclaimer

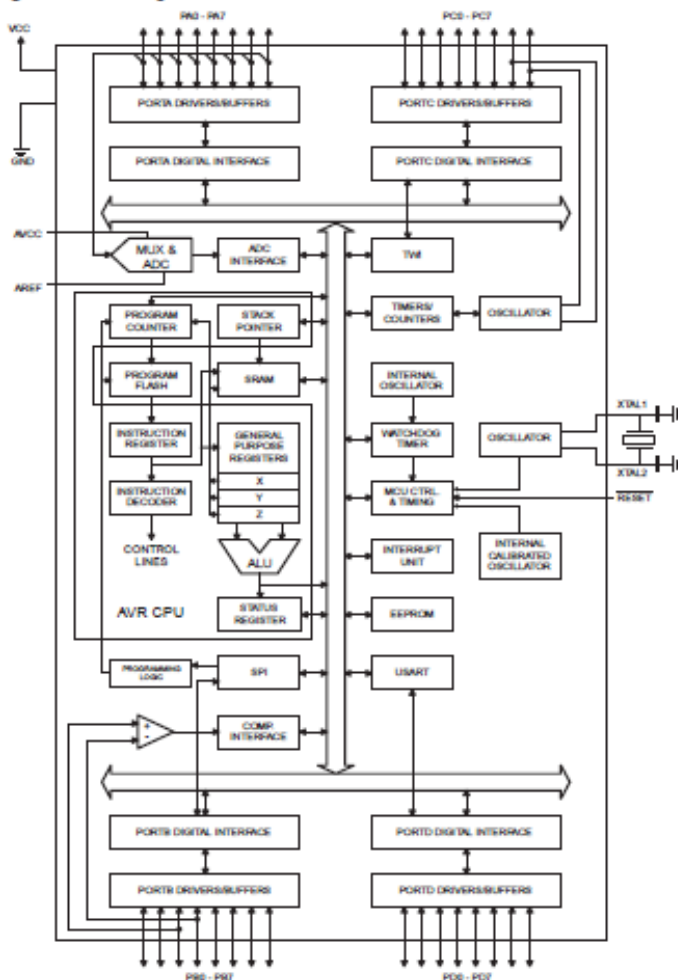
Typical values contained in this datasheet are based on simulations and characterization of other AVR microcontrollers manufactured on the same process technology. Min and Max values will be available after the device is characterized.

Overview

The ATmega16 is a low-power CMOS 8-bit microcontroller based on the AVR enhanced RISC architecture. By executing powerful instructions in a single clock cycle, the ATmega16 achieves throughputs approaching 1 MIPS per MHz allowing the system designer to optimize power consumption versus processing speed.

Block Diagram

Figure 2. Block Diagram



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pada hasil penelitian tugas akhir yang sudah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Telah dibuat rancang bangun pengendalian *pressure* pada alat pencampur gas sebagai energi alternatif pada sistem produksi hidrogen dengan metode elektrolisis air yang menggunakan sensor MPX 5700 AP berbasis mikrokontroler ATmega16.
2. Peranan dari sistem pengendalian *pressure* sendiri adalah sebagai pengendalian tekanan dari biogas dan gas hidrogen yang masuk kedalam tangki pencampur agar sesuai dengan kondisi yang diinginkan yaitu dengan perbandingan rasio yang dapat diberikan ketika 80% biogas banding 20% hidrogen adalah 18 psi untuk biogas dan 4 psi untuk hidrogen. Sedangkan perbandingan rasio yang dapat diberikan ketika 70% biogas banding 30% hidrogen adalah 15 psi untuk biogas dan 7 psi untuk hidrogen dengan respon sistem untuk mencapai set point yang berbeda beda akan tetapi sistem dapat digolongkan dapat merespon dengan cepat.

5.2 Saran

Saran yang diberikan untuk dilakukan penelitian selanjutnya yaitu :

1. Melakukan penelitian lebih lanjut lagi dengan menentukan komposisi pasti dari biogas maupun hidrogen dengan persamaan real gas untuk menentukan tekanannya
2. Dibutuhkan aktuator dan tangki yang lebih kuat menahan jika ingin meningkatkan kinerja dan memperoleh hasil yang maksimal dari sistem pencampuran.
3. Untuk pencarian sumber biogas sebaiknya ditentukan dan dipastikan di awal terlebih dahulu mengingat biogas sulit

untuk diperoleh dan disimpan di daerah perkotaan yang besar seperti Surabaya.

4. Sebaiknya dilakukan pencampuran antara biogas dan hidrogen secara nyata agar dapat dilihat efek yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdurrakhman, Arief, & Harus Laksamana Guntur (2010), *Studi Eksperimental Pengaruh Variasi Tegangan Listrik, Konsentrasi Katalis, dan Temperatur terhadap Optimalisasi Sistem Elektrolisis Brown's Gas*, Teknik Mesin - ITS. Surabaya.
- [2] Abdurrakhman, Arief, & Totok Soehartanto. 2014, *Analisis Karakterisasi Aliran Water Scrubber Sistem pada Alat Purifikasi Biogas Tipe Kombinasi Spray Tower dan Tray Tower*, Prosiding Seminar Nasional Teknologi Terapan SV - UGM. Semarang.
- [3] M.M Noor, dkk. 2013, *The Air Fuel Ratio Study for The Mixture of Biogas And Hydrogen on Mild Combustion*. Malaysian Postgraduate Conference. Sydney, Australia
- [4] S. Chuayboon, dkk. 2014, *Effects of CH₄, H₂ and CO₂ Mixtures on SI Gas Engine*. International Conference on Alternative Energy in Developing Countries and Emerging Economies. Thailand.
- [5] Muliawati, Neni. 2008, *Hidrogen sebagai Sel Bahan Bakar : Sumber Energi Masa Depan*. Lampung : Teknik Kimia Universitas Lampung.
- [6] Eniya L. Dewi, Mahyudin A. Rahman, Agus Hadi Santosa W, "Natural Resources for Electrical Production using Fuel Cell Technology", Proc. The 1st FAPS Polymer Congress, 21D06, pp. 116, Nagoya Japan, 20-23 October 2009.
- [7] Harahap, F., "Teknologi Gas Bio", Pusat Teknologi Pembangunan ITB, Bandung. 1980.
- [8] <http://www.unpad.ac.id/2015/11/meski-jumlahnya-hanya-2-peternak-besar-tentukan-harga-sapi-potong-di-indonesia/> (Diakses 4 April 2016, 19.30 WIB)
- [9] <http://elektronika-dasar.web.id/lcd-liquid-cristal-display/> (Diakses 14 Mei 2016, 19.00 WIB)

[10] <http://www.immersa-lab.com/pengenalan-codevision-avr.htm> (Diakses 15 Mei 2016, 20.00 WIB)

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Gresik pada tanggal 30 Desember 1994. Merupakan anak pertama dari 2 bersaudara. Penulis telah menyelesaikan studi di SDN Sidomoro 1 Gresik, SMP Negeri 1 Gresik dan SMA Negeri 1 Manyar Gresik kemudian melanjutkan kuliah di Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Jurusan Teknik Fisika, Program Studi D3 Metrologi dan Instrumentasi pada tahun 2013. Bidang minat yang ditekuni yaitu Instrumentasi. Pengalaman magang (*on job training* / kerja praktek) di PT. PJP Unit Pembangkitan Gresik, Jawa Timur dengan judul : Keterampilan Pengoperasian Sistem Pengendalian Level pada *Deaerator Storage Tank* PLTU Unit 3 Dan 4 di PT. PJB UP Gresik – Jawa Timur. Software yang ditekuni dalam bidang minat yaitu: VMWare Workstation (untuk DCS), Autocad (Untuk menggambar teknik), LogicPro, Zelio soft, dan Logo soft (Untuk PLC), CodeVisionAVR (Untuk Mikrokontroler). Aktif dalam kepanitiaan di dalam maupun di luar kampus.

Motto hidup: Hargailah seseorang jika engkau ingin dihargai.

Email : santiko_30@yahoo.co.id
No.HP : 085731996238